



MÁRIO FERNANDO SASSO

**“BICICLETA DINÂMICA” – UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA
TRABALHAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA**

Maringá – PR
Março – 2022



“BICICLETA DINÂMICA” – UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA TRABALHAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA

MÁRIO FERNANDO SASSO

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

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

MARINGÁ - PR
Março – 2022

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

S252u

Sasso, Mário Fernando

"Bicicleta dinâmica" - uma sequência didática para trabalhar transformações de energia / Mário Fernando Sasso. -- Maringá, PR, 2022.
256 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2022.

1. Transformações de energia. 2. Teoria de aprendizagem significativa. 3. Bicicleta adaptada. I. Mukai, Hatsumi, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 531.14

Ademir Henrique dos Santos - CRB-9/1065

**“BICICLETA DINÂMICA” – UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA
TRABALHAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA**

MÁRIO FERNANDO SASSO

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

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

Aprovada por:

Profa. Dra. Hatsumi Mukai

DFI/UEM

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

DEFIS/UEPG

Prof. Dr. Breno Ferraz de Oliveira

DFI/UEM

Maringá - PR
Março – 2022

Dedico esta dissertação a todos os Professores e Professoras que tive no decorrer da minha vida, por serem exemplos de amor à educação e fontes de sabedoria. À minha esposa Diane Maria, companheira de todos os momentos. Aos meus pais, João Carlos e Maria Lúcia, pelos incentivos que sempre me deram.

Agradecimentos

- A Deus, pela força e sustento até aqui.
- À minha orientadora Profa. Dra. Hatsumi Mukai pela seriedade e compromisso que conduziu o desenvolvimento deste trabalho, além do profissionalismo também com a disciplina de estágio supervisionado.
- Ao professor Jusmar, que conduziu as elaborações iniciais do presente trabalho, e pelo grande profissional que se demonstrou ao ministrar as aulas no programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.
- A todos os professores e professoras da Universidade Estadual de Maringá que fazem parte do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela competência no trabalho que realizam.
- À coordenação geral do MNPEF que atuou no período de meu mestrado, Prof. Dr. Marco Antonio Moreira e a atual Profa. Iramaia Jorge Cabral de Paulo, e a coordenação local, Prof. Paulo Ricardo Garcia Fernandes e Profa. Hatsumi Mukai, por todo o trabalho burocrático e encaminhamentos da parte administrativa que envolve um programa de mestrado e a todos da UEM e SBF que direta ou indiretamente colaboraram para este título acadêmico.
- À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).
- Aos colegas da turma, que demonstraram-se grandes companheiros e companheiras, que oportunizaram trocas de experiências e demonstração de fibra moral.
- A todos os meus alunos, que me motivam diariamente a buscar aperfeiçoamento e capacitação profissional.
- E, não menos importante, minha gratidão à minha Família e amigos.
- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

“BICICLETA DINÂMICA” – UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA TRABALHAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA

Mário Fernando Sasso

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

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

Ensinar Física tem sido um grande desafio nos tempos atuais, pois de acordo com as legislações vigentes esta componente curricular está inserida no contexto de Ciências da Natureza e Tecnologia, com no máximo duas horas aulas semanais. Portanto, buscar ferramentas didáticas em que se possa abranger o maior conteúdo possível de um mesmo tema mostrou-se uma proposta bastante útil. Além disso, buscou-se algo que despertasse o interesse dos alunos, e a escolha do tema foi baseada na realidade do público alvo cuja instituição de ensino situa-se a 1,3 Km da Usina Hidroelétrica a fio d'água de Rosana (SP). Nesse contexto, este trabalho tem como base um produto educacional (PE) que contém uma sequência didática (seguindo as diretrizes de Antoni Zabala) para abordar a utilização de uma montagem experimental em sala de aula. Esse consiste em uma bicicleta acoplada a uma estrutura metálica que possui um alternador automotivo instalado e, entre outros, um calorímetro. O tema a ser trabalhado envolve o conteúdo de mecânica, eletricidade e magnetismo, e termodinâmica, direcionado ao conceito de energia, e suas transformações de forma contínua, com ênfase na mecânica e termodinâmica. Efeito esse obtido ao pedalar girando o pneu traseiro da bicicleta, que por sua vez gira o eixo do alternador convertendo energia cinética em energia elétrica, que é transformada em energia térmica. Dessa forma, ao utilizar a montagem experimental que envolve os conceitos básicos das transformações da energia, obtiveram-se os seguintes resultados: o valor da potência média dissipada pelo resistor elétrico ($R = 6,7\Omega$) imerso em 0,1 Kg de água contida no calorímetro foi de 15,11 KJ, e a quantidade média de energia térmica convertida pelo efeito joule, no tempo de 492 s do aquecimento da água de 28,3 °C a 63,0°C, foi de 14,52 KJ e assim, verificou-se a quantidade de energia que foi transferida no sistema. Bem como, explicou-se o princípio da conservação da energia em sistemas reais. O PE foi utilizado no 1º ano do ensino médio do Centro Estadual de Educação Profissional do Noroeste do Município de Diamante do Norte – PR. Os aspectos metodológicos foram baseados na Teoria de Aprendizagem Significativa proposto por David Ausubel. Os resultados foram bastante satisfatórios, e ressaltamos a participação e interesse dos alunos durante e posteriormente ao uso do PE.

Palavras-chave: Transformações de Energia, Bicicleta Adaptada, Teoria de Aprendizagem Significativa.

Maringá - PR
Março - 2022

ABSTRACT

“DYNAMICAL BICYCLE”- A DIDACTIC SEQUENCE TO WORK ON ENERGY TRANSFORMATION

Mário Fernando Sasso

Supervisor: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

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

Teaching Physics has been a great challenge in the present times, because according to current legislation this curricular component is inserted in the context of Natural Sciences and Technology, with a maximum of two hours of weekly classes. Thus, seeking didactic tools in which one can cover the greatest possible content of the same theme proved to be a very useful proposal. Therefore, we sought something that would arouse the interest of the students, and the choice of the theme was based on the reality of the target audience whose educational institution is located 1.3 Km from the Rosana's Water-fired Hydroelectric Power Plant (SP). In this context, this work is based on an educational product (EP) that contains a didactic sequence (following the guidelines of Antoni Zabala) to address the use of an experimental setup in the classroom. This consists of a bicycle coupled to a metal structure that has an automotive alternator installed and, among others, a calorimeter. The theme to be worked on involves the content of mechanics, electricity and magnetism, and thermodynamics, directed to the concept of energy, and its transformations continuously, with emphasis on mechanics and thermodynamics. This effect is obtained by pedaling by turning the rear tire of the bike, which in turn rotates the alternator shaft, converting kinetic energy into electrical energy, which is transformed into thermal energy. Thus, by using the experimental setup that involves the basic concepts of energy transformations, the following results were obtained: the value of the average power dissipated by the electrical resistor ($R = 6.7\Omega$) immersed in 0.1kg of water contained in calorimeter was 15.11KJ, and the average amount of thermal energy converted by the Joule effect, at the time of 492 s of heating water from 8.3°C to 63.0°C, was 14.52 kJ, and so, the amount of energy that was transferred in the system was verified. As well as, explained the principle of energy conservation in real systems. The Educational Product was used in the 1st year of high school, of the Centro Estadual de Educação Profissional do Noroeste in the Diamante do Norte's city – PR state. The methodological aspects were based on the Meaningful Learning Theory proposed by David Ausubel. The results were very satisfactory, and we highlighted the participation and interest of the students during and after the use of the Educational Product.

Keywords: Energy's Transformations, Adapted Bicycle, Meaningful Learning Theory.

Maringá - PR

March – 2022

viii

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

COPEL – Companhia Paranaense de Eletricidade

CRN – Campus Regional do Noroeste

DFI – Departamento de Física

ddp – diferença de potencial

DSC – *Differential Scanning Calorimetry*

MCs- Mapas Conceituais

MNPEF- Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCNs – Parâmetros Curriculares

PE – Produto Educacional

PhET – *Physics Education Technology*

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

SIMEPAR –Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

SBF - Sociedade Brasileira de Física

SD – Sequência Didática

TAS - Teoria de Aprendizagem Significativa

UEM - Universidade Estadual de Maringá

LISTA DE FIGURAS

Figura 0.1 – Imagem panorâmica indicando a localização da Usina em relação à instituição de ensino no ano da aplicação. Atualmente (2022) a instituição situa-se ainda na cidade de Diamante do Norte, mas fora da Reserva Legal.....	2
Figura 1.1 – Mapa conceitual - sobre as características de mapas conceituais.	10
Figura 1.2 - Modelo de um mapa conceitual, demonstrando a hierarquização dos conteúdos....	11
Figura 1.3 - Ilustração de que as estruturas indicam o aumento do conhecimento conceitual de quem o realiza: (a) Radial < (b) Linear < (c) Ramificada. Em cada seta de ligação deve conter um termo de ligação.....	11
Figura 1.4 – Mapa conceitual sobre Energia, direcionada por uma pergunta focal, no caso do tema.....	13
Figura 1.5 – Desenho esquemático do trabalho realizado por uma força \vec{F} provocando um deslocamento na direção e sentido $0x$	24
Figura 1.6 – Desenho ilustrativo: (a) de um objeto sendo lançado verticalmente com uma velocidade inicial \vec{v}_i de um ponto y_i até uma altura y_f , considerando somente a atuação da força gravitacional; (b) sistema massa-mola, sem forças dissipativas, oscilando em torno do ponto de equilíbrio ($x = 0$).....	26
Figura 1.7 – Desenho esquemático ilustrando uma carga elétrica (q), se deslocando entre dois pontos em um campo elétrico não uniforme, gerada por um objeto carregado. E em outras cores, outras trajetórias como exemplos.....	29
Figura 1.8 – Desenho esquemático ilustrando (a) a ação de uma força em um processo termodinâmico, variando a posição da posição de dy , e comportamento gráfico da pressão (P) versus volume (V) quando a pressão for (b1) variável e (b2) constante, o trabalho é dado pela área abaixo da reta do gráfico.....	31
Figura 1.9 – Representação esquemática da lei zero da termodinâmica. Três corpos A, B, e C, com temperaturas T_A , T_B e T_C , respectivamente, em contato térmico: A e C, e, B e C, em sistemas isolados termicamente.....	32
Figura 1.10 – Cópia de tela do simulador Física na Escola, Calorimetria. Selecionado a opção (2).....	35
Figura 1.11 – Cópia de tela do simulador “Calorimetria” do Física na Escola. Apresenta-se a obtenção do calor específico de um cilindro de cobre.....	37
Figura 1.12 – Desenho esquemático indicando o vetor densidade de corrente \vec{j} , que normalmente é paralelo ou antiparalelo ao elemento de área dA e \hat{n} normal a seção de área. E \vec{v} a velocidade dos portadores de carga que passam em um intervalo $d\ell$	38
Figura 1.13 - (a) Desenho esquemático de um resistor de carvão com suas respectivas faixas de cores que indicam o valor de sua resistência. Imagem fotográfica da composição de um resistor (b) a carvão e (c) de cerâmica, com as faixas de cores.....	41
Figura 1.14 – Desenho esquemático de parte da montagem experimental envolvendo um (1) calorímetro, (2) líquido, no caso a água, (3) agitador, (4) resistor elétrico, (5) Termômetro, (6) fios de conexão do resistor para uma fonte de tensão (7), (8) motor para o agitador; (9) Fonte para o agitador de 12 V.....	44
Figura 1.15 – Imagem fotográfica das usinas de (a) Rosana-SP duas vistas diferentes, e (b) a de Itaipu - Foz do Iguaçu –PR.....	46
Figura 1.16– Cópia de tela do simulador Lei de Faraday do PhET/Colorado, apresentando o	

efeito da Lei de indução de Faraday. (a) página inicial incluindo o “Voltmetro” e as linhas de campo; (b) posicionando o imã junto a bobina; (c1) e (c2) momentos diferentes da geração de corrente pela variação do campo magnético (imã em posição diferente), em (c2) intensidade máxima, e em (d) que a intensidade máxima depende do número de espiras..... 47

Figura 1.17 – (a) Desenho esquemático de um alternador automotivo. (b) Esboço de um gráfico de corrente alternada. Em destaque imagens fotográficas (c1) o rotor que vai na parte interna do estator (c2).....49

Figura 1.18 – Cópia de tela de uma: (a) imagem animada (*gif*) do funcionamento de um dínamo acoplado ao pneu de uma bicicleta, gerando energia elétrica indicada pela luz do farol, (b) do “alternador” usado pelos alunos da UnB (Universidade de Brasília).....50

Figura 1.19 - Desenho ilustrativo de uma usina termoeletrica e seu funcionamento, essa utiliza a potência a vapor acionada por combustível fóssil. **A** - Subsistema com finalidade de fornecer energia necessária para vaporizar o fluido de trabalho. **B** - O vapor expandido oriundo da caldeira passa pela turbina, onde se expande até uma pressão mais baixa. **C**- O subsistema se resume no gerador elétrico. **D** – Circuito de refrigeração: a água de refrigeração é enviada a uma torre de resfriamento, na qual a energia recebida do vapor que se condensa no condensador é rejeitada para a atmosfera e depois a água de refrigeração retorna para o condensador.....54

Figura 2.1 – Imagem fotográfica da montagem experimental contendo o aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”. Em que: (1) bicicleta, (2) um alternador automotivo (12V- 36 A), (3) uma bateria automotiva de 12V - 36 A, (4) uma chave de luz universal, (4) Terminais - 3 Posições, (5) um conjunto de duas tomadas residenciais, (6) porta lata térmico de alumínio de 350 ml com tampa, (7) um resistor elétrico para chuveiro de 127V, (8) um termômetro digital tipo vareta, (9) uma mini lâmpada 12V- 5W , (10) um multímetro, e (11) uma estrutura metálica.....59

Figura 2.2 - Imagem fotográfica da estrutura metálica indicando as suas dimensões, (a) visão lateral. Sendo a altura em relação ao solo de 45cm, o comprimento de toda armação de 115cm e o suporte de sustentação diagonal de 50 cm; (b) visão frontal, sendo a largura da base com 80cm, o espaço que se dispõe a polia com 14cm e o espaço reservado para o pneu traseiro da bicicleta, com 20cm.....61

Figura 2.3 – Imagem fotográfica apresentando (a) os pontos de apoio do eixo traseiro da bicicleta, do qual os pontos A e B possuem rosca compatíveis com o respectivo eixo, e (b) a maneira em que a polia e o pneus ficam dispostos.....62

Figura 2.4 - Esquema de montagem da fiação elétrica utilizada para a conversão de energia mecânica em energia elétrica, do aparato experimental. Sendo, (a) bateria (fonte de tensão), (b) alternador, (c) lâmpada, (d) chave de luz, e (e) 2 tomadas.63

Figura 2.5 - Imagem fotográfica de parte do aparato experimental, ressaltando em (a) do multímetro associado em paralelo com o resistor elétrico de chuveiro, (b(1)) a tampa do calorímetro com o resistor elétrico e o termômetro de vareta, (b(2)) a parte inferior do calorímetro, de dentro para fora, um copo plástico, isopor[®] e um frasco de alumínio por for, e (c) mini motor fixado à tampa do suporte de latas, com visão interna e externa, como também, ilustrando o agitador formado pelo palito de pirulito fixado no eixo de mini motor.....64

Figura 2.6 – Estrutura do Mapa conceitual a ser entregue aos alunos.....71

Figura 2.7 – Cópia de tela do simulador do PhET – Formas de Energia e Transformações – no item sistemas. (a) Com um recipiente com água, mostrando a transformação de energia química em mecânica, dessa para elétrica e, por fim, para térmica. Em (b) para comprovar a parte da

transformação da energia mecânica em elétrica, indicada pela lâmpada emitindo luz.	72
Figura 2.8– Cópia de tela do simulador “Calorimetria”, Física na escola, para obtenção da capacidade térmica de um calorímetro, de forma opcional ao feito no experimento via bicicleta dinâmica. Em (a) selecionando os parâmetros massa, temperatura inicial, e após clicar o botão lilás, começa o aumento de temperatura no calorímetro, em (b) após entrar em equilíbrio térmico, obtido a temperatura final, e (c) o resultado da capacidade térmica ao clicar no botão lilás de (b).....	74
Figura 2.9 – Gráfico da temperatura $T(^{\circ}\text{C})$ versus tempo $t(\text{s})$ confeccionado com o software SciDAVIS, com os dados da Tabela 2.1.....	77
Figura 2.10 – Gráfico da temperatura $T(^{\circ}\text{C})$ versus tempo $t(\text{s})$ confeccionado com os dados da Tabela 2.2.....	78
Figura 2.11–Imagem fotográfica do registro do (a) uso do mapa conceitual pelo autor (docente da turma) como uma ferramenta de ensino na aula 02 e 03; em (b) transcrição do mapa conceitual completo.....	85
Figura 2.12 – Transcrição do mapa conceitual corrigido posteriormente com os alunos.....	86
Figura 2.13 – Desenho esquemático da configuração de um corpo de massa m , (a) sendo liberada de uma altura h , e atinge o solo com uma velocidade \vec{v} . (b) em sistema massa-mola, sob a atuação da força peso e posteriormente da força elástica.....	89
Figura 2.14 - Esboço do gráfico da força versus deslocamento sofrida por uma mola acoplada a um bloco (Figura 2.13 (b)) a partir da sua posição de equilíbrio, que obedece a Lei de Hooke. A área A equivale ao trabalho realizado pela mola sobre o corpo para retornar a posição de equilíbrio. As duas formas são equivalentes.....	90
Figura 2.15 – Imagem fotográfica do registro do funcionamento do aparato experimental em (a) com a participação dos alunos e em (b) uma ampliação do termômetro e multímetro indicando os dados aferidos na execução.....	94
Figura 2.16 – (a) Imagem fotográfica de parte do aparato experimental, a bicicleta apoiada no mancal (1), onde está o alternador (2), pneu traseiro e pedal. (b) Desenho esquemático indicando as ligações de discos no movimento da bicicleta dinâmica. (1) a coroa à sua volta, o pedal cujo giro está indicado em tracejado, (2) o eixo a catraca conectado no eixo do pneu traseiro da bicicleta (3), e esse encostado (4) no eixo na parte externa do eixo do rotor do alternador.	95
Figura 2.17 - Imagem fotográfica do autor desenvolvendo os cálculos para determinar a quantidade de energia elétrica dissipada pelo resistor.....	97
Figura 3.1 - Resultados da questão 01, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.	104
Figura 3.2- Resultados da questão 02, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	105
Figura 3.3 - Resultados da questão 03, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	106
Figura 3.4 - Resultados da questão 04, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional	108
Figura 3.5 - Resultados da questão 05, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	109
Figura 3.6 - Resultados da questão 06, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.	110

Figura 3.7 - Resultados da questão 07, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	112
Figura 3.8 - Resultados da questão 08, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	113
Figura 3.9 - Resultados da questão 09, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	115
Figura 3.10 - Resultados da questão 08, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.	116
Figura 3.11 – Resultado geral, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.....	117
Figura 3.12 – Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 01, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	120
Figura 3.13 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 02, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	121
Figura 3.14 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 03, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	121
Figura 3.15 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 04, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	122
Figura 3.16 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 05, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	123
Figura 3.17 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 06, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	124
Figura 3.18 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 07, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	124
Figura 3.19 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 08, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.	125
Figura 3.20 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 09, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	126
Figura 3.21 - Imagem demonstrando o número de acertos da questão 10, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.....	127
Figura 3.22 - Gráfico do número de participantes pelo de pontos marcados, resultando a média de pontos por aluno dos 18 participantes.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Sugestão de Critérios para o desenvolvimento e redação de questões.

Quadro 2.1 - Conteúdo da Abordagem Teórico-metodológica para cada aula ministrada. Cada aula com 50 minutos.

Quadro 2.2 – Questões do questionário diagnóstico.

Quadro 2.3 – Gabarito do questionário diagnóstico.

Quadro 2.4 – Questões do questionário avaliativo complementar.

Quadro 2.5 – Gabarito das questões do questionário avaliativo complementar.

Quadro 2.6 - Demonstração das Unidades Básicas no SI e Unidades derivadas no SI, que foram utilizadas no presente trabalho.

Quadro 2.7 - Unidades de medida que não pertencem ao SI, mas que podem vir a ser utilizadas no presente trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Condutividade elétrica de alguns materiais à temperatura de 20°C.

Tabela 1.2- Tabela demonstrando o código de cores para: (a) as três primeiras faixas dos resistores de carvão, (b) a tolerância dos resistores de carvão.

Tabela 2.1-Tabela dos valores da temperatura como o passar do tempo, para 200g de água, com o aparato experimental ligado.

Tabela 2.2 - Dados dos valores da temperatura com o passar do tempo, para 200g de água, com o aparato experimental desligado.

Sumário

Introdução.....	1
1. Fundamentação Teórica.....	7
1.1 Fundamentos Metodológicos	7
1.1.1 O cognitivismo e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	7
1.1.2 Os Mapas Conceituais	10
1.1.3 Elaboração de um Questionário	14
1.1.4 Sequência Didática.....	16
1.2 Energia: conceitos, formas e leis de conservação – da mecânica à termodinâmica.....	19
1.2.1 Fundamentação Histórica.....	20
1.2.2 Energia e Trabalho na Mecânica	21
1.2.3 Energia e Trabalho no Eletromagnetismo	29
1.2.4 Trabalho e Energia na Termodinâmica.....	30
1.2.5 Efeito Joule.....	37
1.2.6 Energia e Lei da Indução Eletromagnética	45
1.2.7 Relato da escolha do uso de um alternador automotivo.....	50
1.2.8 Lei da Conservação de Energia Total.....	54
1.2.9 Transformações de energia exploradas neste trabalho	55
2. Produto Educacional e sua Aplicação.....	57
2.1 Produto Educacional	57
2.1.1 Montagem Experimental	58
2.1.2 Abordagem Metodológica.....	64
2.1.3 Sequência Didática.....	66
2.1.4 Detalhamento das aulas.....	68
2.2 Relato da Aplicação do Produto Educacional.....	82
2.2.1 Aula 01 - Apresentação do Produto Educacional e aplicação do Questionário Diagnóstico	83
2.2.2 Aula 02- Explanação do assunto e construção do Mapa Conceitual	84
2.2.3 Aula 03 - Demonstração das equações e conclusão do Mapa Conceitual ...	85
2.2.4 Aula 04 - Montagem, apresentação e utilização do aparato experimental e coleta de dados	93
2.2.5 Aula 05 - Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energias, elétrica e térmica, envolvidas e discussão dos resultados quantitativos	96
2.2.6 Aula 06–Finalização da aplicação do Produto Educacional	99
2.2.7 Aula 07 – Aula complementar.....	99
2.3 Impressões do autor	100
3. Resultados e Análise dos Resultados.....	104
3.1 Análise das Respostas dos Questionários, Diagnóstico e Avaliativo	104
3.1.1 Questão 01	104
3.1.2 Questão 02.....	105

3.1.3	Questão 03.....	107
3.1.4	Questão 04.....	108
3.1.5	Questão 05.....	109
3.1.6	Questão 06.....	111
3.1.7	Questão 07.....	112
3.1.8	Questão 08.....	113
3.1.9	<i>Questão 09</i>	115
3.1.10	Questão 10.....	116
3.1.11	<i>Análise da Estatística Geral</i>	118
3.2	Análise das Respostas do Questionário Complementar.....	119
3.2.1	Questão 01.....	120
3.2.2	Questão 02.....	121
3.2.3	Questão 03.....	122
3.2.4	Questão 04.....	123
3.2.5	Questão 05.....	123
3.2.6	Questão 06.....	124
3.2.7	Questão 07.....	125
3.2.8	Questão 08.....	126
3.2.9	Questão 9.....	127
3.2.10	Questão 10.....	128
3.2.11	Análise geral Questionário complementar	129
	Considerações Finais	131
	Referências Bibliográficas	131
	Anexo A – Termo de Autorização	138
	Anexo B – Amostragem do questionário diagnóstico/avaliativo/complementar	138
	Apêndice A – Energia Cinética de Rotação	144
	Apêndice B - Investimento no Aparato Experimental	150
	Apêndice C - Currículo Freire	152
	Apêndice D - Produto Educacional	153

Introdução

Desde criança já ouvimos falar no termo Energia, primeiramente no cotidiano, referindo-se à sua atividade no/e do corpo humano. Como por exemplo, “fulano tem muita energia!”, normalmente referindo-se à atividade da criança em não ficar parada. Temos também o termo ligado à alimentação: “coma isso, senão vai ficar sem energia!”, ligado às calorias que um corpo humano necessita para ter um bom funcionamento, que em excesso é prejudicial. Esses tipos de Energia estão presentes mais nas componentes curriculares Ciências e Biologia, conforme levantamento feito nos livros didáticos por Malacrida (2021).

Outra forma frequente citada no cotidiano é a de energia elétrica, ainda mais na época atual em que os níveis de água em rios e reservatórios estão cada vez reduzidos afetando diretamente a geração de energia elétrica e seu consumo, a chamada crise hídrica, que ocorre por falta de chuvas e consumo inapropriado ou, até mesmo, desperdício de água. O uso dos recursos hídricos pode ser limitado tanto no âmbito Federal, quanto no Estadual, conforme citado no decreto 8299 emitido pelo governo do estado do Paraná:

Considerando o disposto na Lei Federal n ° 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e na Lei Estadual 12.726, de 26 de novembro de 1999, que estabelecem as políticas nacional e estadual de recursos hídricos respectivamente e que definem nos seus fundamentos que “em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação de animais” (PARANÁ, 2021, p.2).

Esse decreto vem ao encontro com as informações como o publicado em 06/08/2021, pelo Canal Rural (<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/governo-do-parana-decreta-situacao-de-emergencia-hidrica-em-todo-o-estado/>), onde informa que de acordo com o Sistema de tecnologia e monitoramento ambiental do Paraná (SIMEPAR) 3 a cada 4 mananciais usados para captação de água no estado estavam com índices bem abaixo do normal, e que 31,75% se encontram em situações análogas ao período de verão.

Portanto, discutir sobre a questão de geração de energia e o tema energia continuam sendo assuntos em alta, pois a maioria delas são “geradas” por meio hídrico, e torna-se um incentivo explorar ao máximo os conceitos físicos envolvidos, bem como as suas transformações em diversas áreas da Física. Reforçada ainda, pelo público alvo deste trabalho estudar, até 2021, em uma instituição de ensino que situa-se a 1,3 Km da Usina Hidroelétrica a fio d’água de Rosana (SP). Esse público é de uma Escola Agrícola que fica no interior de uma das extensões da Universidade Estadual de Maringá no município de Diamante do Norte –

PR, denominado de Campus Regional do Noroeste (CRN).

Figura 01 – Imagem panorâmica indicando a localização da Usina em relação à instituição de ensino no ano da aplicação. Atualmente (2022) a instituição situa-se ainda na cidade de Diamante do Norte, mas fora da Reserva Legal.



Fonte: <https://www.dttcolagricola.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=39>.

As turmas (público alvo) são formadas por alunos locais e de outras regiões do Paraná (PR), sendo a Turma A alunos da região de Loanda/Diamante do Norte (PR), Turma B os alunos da região de Mato Grosso do Sul e Estado de São Paulo, e a Turma C os alunos da região de Colorado/Paranavaí (PR). A instituição possui alojamento próprio para os alunos não locais, bem como um refeitório em que se servem verduras, legumes e frutas produzidos no próprio local.

Em Física, comumente o conceito de energia e suas formas, são apresentadas separadamente, inicia-se na Mecânica, posteriormente são abordadas no Eletromagnetismo, na Ondulatória e finalmente na Termodinâmica, cada qual com sua ênfase.

Trabalhos que envolvem o tema Energia são muitos, somente no MNPEF-POLO UEM, temos dissertações de mestrado cujos Produtos Educacionais trabalham esse tema, incluindo os processos de transformação e/ou leis de conservação, mas são abordados separadamente em cada área da Física. Por exemplo,

- Em Mecânica, temos Moreira (2019) que explora o conceito de energia mecânica em um *loop* artesanal construído com material de construção; Nitsche (2019) trabalhou o conceito de energia mecânica e sua lei de conservação no âmbito do sistema massa-mola com materiais fornecidos pelo Ministério da Educação (MEC); enquanto Malacrida (2021)

trabalha o conceito de energia, explorando a conservação de energia incluindo assim a parte dissipativa no movimento do celular descendo uma rampa, utilizando o aplicativo PHYPHOX para realizar as medidas experimentais;

- Em Eletrodinâmica, o trabalho de Astrath (2015) envolveu o processo de geração de energia elétrica por meio de um protótipo com o uso de células fotovoltaicas; a de Baliscei (2016) envolve simuladores, em especial a do *Physics Educational Technology – PhET* proposto pela Universidade de Colorado (*University of Colorado*) (<https://phet.colorado.edu/pt_BR/>), para explicar a física envolvida nos conceito de energia elétrica e, entre os objetivos, a conscientização do consumo de energia por meio de um simulador disponível no *site* da Companhia Paranaense de Eletricidade (COPEL - <<https://www.copel.com/scnweb/simulador/inicio.jsf>>);
- Na Termodinâmica citamos o PE de Campanholi Filho (2019) que explorou o conceito de energia térmica e as leis da termodinâmica em um aparato experimental que é um protótipo simulando um refrigerador à base do dispositivo conhecido como pastilhas Peltier.

Assim, o presente trabalho, além da localização, tem também como objetivo mostrar aos alunos que “as energias” não são independentes nas diversas áreas da Física, mas são representadas de acordo com elas, e que essa é uma grandeza física que obedece uma das leis de conservação da natureza, estando conectadas por meio de suas transformações, pontos esses que nos seus 15 anos de docência o autor do presente trabalho observa a dificuldade dos alunos nessa compreensão.

Assim, para possibilitar essa compreensão da transformação da energia em outra de outra área da Física e a lei de conservação de energia, foi proposto aos alunos o uso de uma montagem experimental contendo um aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”, planejada e construída pelo autor deste trabalho, amante de “pedalar”, com a finalidade de auxiliar no processo ensino-aprendizagem por meio de observação, obtenção de dados experimentais e principalmente participação e interação dos alunos na sua utilização.

De forma a receber as novas informações enriquecidas e diferenciadas dos conhecimentos já existentes, partiu-se do princípio do conceito de energia tal como definida pelo Professor Herch Moysés Nussenzveig, “Chama se de ENERGIA a capacidade de produzir trabalho” (NUSSENVEIG, 2002, p.9), acrescentando as novas informações relacionadas. Portanto, que a Energia se transforma e estão relacionadas entre si nas diversas áreas da Física, ou seja, partindo da Mecânica, passando pela Eletrodinâmica, chegando à

Termodinâmica. Todo o embasamento está respaldado pelo novo Banco Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), bem como pelas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná. (PARANÁ, 2008).

Outra preocupação foi a de que os alunos compreendessem alguma notícia, como esta em que no Distrito Federal, em 2016, a UnBTV apresentou “Alunos da UnB fazem bike que gera energia” (https://www.youtube.com/watch?v=7joLNS_Qh3Y). Tratando-se de uma reportagem local unindo tecnologia e atividade física. O objetivo principal foi o uso da geração de energia para o carregamento da bateria do celular enquanto se pedala, complementada de um jogo virtual. Assim, fica o questionamento se os alunos que não os executores, ao assistirem esse vídeo, conseguem relacionar com o assunto visto em sala de aula? Conseguem utilizar sua bicicleta para transformar algum tipo de energia em energia elétrica? Compreendem o processo físico ocorrido? Conseguem quantificar quanto tempo precisam pedalar para “carregar” a bateria?

Sendo o Produto Educacional do presente trabalho uma sequência didática, em que a menina dos olhos é o uso do aparato experimental “bicicleta dinâmica” (foi utilizado um alternador de automóvel para a transformação de energia mecânica em elétrica) para abordar o conceito de Energia e suas formas, após a sua aplicação por meio da metodologia proposta, espera-se que o aluno saiba responder as questões citadas no parágrafo anterior, ou pelo menos como podem trabalhar para respondê-las, sendo esse o desafio/problema deste trabalho.

Como hipóteses, com o uso do aparato experimental, os alunos irão compreender o processo de transformação de energia entre as diversas áreas da Física; Compreenderão que a energia é representada matematicamente de acordo com as variáveis fisicamente envolvidas, bem como os conceitos à elas relacionadas; Compreender textos, reportagens, funcionamento de equipamentos, relacionados com o conteúdo; Valorizar o universo à sua volta, em termos de “geração” de energia, energia limpa, sustentabilidade; Observar em como dar funções didáticas a equipamentos utilizados no dia a dia, como o alternador automotivo, roda dentada de uma roçadeira, a própria bicicleta, e o motivo do uso de cada um em relação ao existente;

Além disso, é provável que o aluno venha a dominar a parte matemática juntamente com a fenomenologia dos assuntos, fazendo uso das escalas apropriadas e o conduza a entender que os modelos físicos elaborados pelo Homem sempre têm uma finalidade, e um dos intuitos é explicar e entender a natureza envolvida, uma vez que a Física é uma ciência

experimental.

Na expectativa de melhor compreensão pelos alunos do conteúdo a ser tratado em relação a componente curricular Física, mais precisamente ao conceito de Energia e suas formas, temos como eixo central a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) proposta em 1968 pelo psicólogo David Paul Ausubel. (MOREIRA, 1999; SALVADOR *et al.*, 2009; SACRISTÁN e GOMES, 2005).

De acordo com essa TAS, o aluno deve ter um conhecimento prévio que irá servir como uma ancoragem ao novo conhecimento a ser adquirido, e caso seja detectado que ele não o tenha, pode-se fazer uso de organizadores prévios. Esses devem ser algo potencialmente significativo. (MOREIRA e MASINI, 1982).

Nesse sentido, considerando que o aluno já possui uma estrutura cognitiva do assunto, é importante definir quanto ele já sabe sobre os conceitos de energia, as suas formas na Física, e sobre a Lei de conservação a esse conceito associado.

Desta forma, a estratégia de ensino utilizada para adequação ao conteúdo programático das características dos alunos, dos recursos e materiais, como também ao tempo disponível, deu-se por meio da elaboração de uma sequência didática, baseada conforme proposto por Antoni Zabala. (ZABALA, 1998). Contendo como metodologia procedimental, a exposição dialogada, pois essa estratégia valoriza os conhecimentos prévios dos alunos, contextualiza e problematiza o assunto tratado com eles. Auxiliados pela confecção de um mapa conceitual (NOVAK e CANÃS, 2010) juntamente com os alunos e a realização do experimento com a participação discente. Bem como, o uso de questionário como forma diagnóstica e avaliativa.

Dessa maneira, o presente trabalho traz, no Capítulo 1, um levantamento bibliográfico separado em duas principais partes: uma envolvendo os fundamentos metodológicos e outra sobre a fundamentação teórica da Física, envolvidos no trabalho.

No Capítulo 2 apresenta-se o Produto Educacional e sua aplicação. O início se fez por meio de um questionário aplicado aos alunos, o que fez estabelecer quais conhecimentos eles já possuíam sobre o conceito de energia e a física relacionada, sendo esse um processo fundamental a ser contemplado, pois delinearam as demais aulas e possibilitou posteriormente o emprego da principal atividade desta sequência didática, que é a utilização de um aparato experimental que demonstra as principais conversões de energia abordadas na componente curricular Física no ensino médio, desde a mecânica, passando brevemente pelo eletromagnetismo e chegando à termodinâmica.

Seguida do Capítulo 3, que apresenta os resultados e sua análise, além de uma análise geral das atividades realizadas ao longo da aplicação do PE. Finalizando a redação com as Considerações Finais, Referências citadas em ordem alfabética, os Anexos (A e B) e os Apêndices (A, B, C e D). Esses dois últimos inversos ao estipulado pelas normas da ABNT, para que o último apêndice seja um encarte em separado do PE para uso independente da dissertação. Esclarecendo que parte do texto da dissertação também fará parte do encarte, não caracterizando auto plágio.

1. Fundamentação Teórica

Este capítulo está dedicado no primeiro momento a uma revisão teórica sobre os fundamentos metodológicos adotados no desenvolvimento e aplicação do PE, e em segundo momento os conceitos físicos envolvendo Energia desde a Mecânica, passando pela Eletrodinâmica e finalizando na Termodinâmica. Portanto, nesta seção estão presentes os principais conceitos teóricos envolvidos no conteúdo proposto a ser trabalhado utilizando a montagem experimental, contendo o aparato experimental “bicicleta dinâmica”.

1.1 Fundamentos Metodológicos

Nesta seção serão apresentadas a fundamentação teórica sobre a teoria de aprendizagem utilizada no Produto Educacional, relatando sobre a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel (MOREIRA e MASINI, 1982), mapas conceituais embasadas em Novak (NOVAK e CANÁS, 2010), Questionários como elaborar e utilizar, e sobre a sequência didática tendo como referencial Antoni Zabala (ZABALA, 1998).

1.1.1 O cognitivismo e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Ao definir uma teoria de aprendizagem, atentou-se àquela que tem por base a reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, a qual considera que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna, baseada em conhecimentos de caráter conceitual. Nesse sentido, a proposta de ensino formulada em 1968 pelo psicólogo norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008), um dos representantes do cognitivismo (psicologia da cognição), denominada “teoria da aprendizagem significativa”, fundamentou o presente trabalho.

Para Moreira e Masini (1982), o cognitivismo vem descrever o que sucede quando o ser humano se situa e organiza o seu mundo, distinguindo sistematicamente o igual do diferente, de tal modo, o processo pelo qual o mundo de significados tem origem, chamamos de cognição. Assim, conforme esses autores, a psicologia cognitiva tem como objetivo, preocupar com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, identificando os padrões estruturados dessa transformação.

Nesse sentido, Salvador *et al.* (2000), citam que as ideias de Ausubel têm uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, que partem do entendimento de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna, baseada em conhecimentos de caráter conceitual, consistindo de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização, fazendo a aprendizagem escolar centrada em conhecimentos que incluem conceitos, princípios e teorias.

A aprendizagem significativa, definida dessa forma, implica na interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o material ou conteúdo da aprendizagem, traduzindo em um processo de modificação mútua, tanto da estrutura cognitiva inicial, como do material que é preciso aprender, residindo em que as ideias expressadas de forma simbólica se dão de forma não-arbitrária e potencialmente significativa.

Para Sacristán e Gomes (1998), as contribuições de Ausubel são muito importantes para a prática didática, ocorrendo por recepção ou por descoberta, opondo-se à aprendizagem mecânica, repetitiva e memorialística, compreendendo assim, a aquisição de novos significados, todavia esta intervenção requer condições precisas, identificadas por Ausubel.

Ainda para os mesmos autores (Sacristán e Gomes, 1998), a aprendizagem significativa está pautada na vinculação substancial das novas ideias e conceitos com a bagagem cognitiva do indivíduo, assim, Ausubel distingue em duas as dimensões de significação potencial do material de aprendizagem:

Significação lógica: Coerência na estrutura interna do material, sequência lógica nos processos e consequências nas relações entre seus elementos componentes.
Significação psicológica: Que seus conteúdos sejam compreensíveis desde a estrutura cognitiva que o sujeito que aprende possui. (SACRISTÁN e GOMES, 1998, p. 38).

Dessa forma, a primeira condição para que se produza a aprendizagem significativa é a potencialidade significativa do material e o segundo requisito é a disposição positiva do indivíduo em relação à aprendizagem, sendo uma disposição tanto conjuntural ou de momento, referindo assim ao componente motivacional, emocional, de atitude, presente em toda aprendizagem.

Verifica-se também que a aprendizagem significativa necessita de condições precisas, divididas em três formas: lógica, cognitiva e afetiva. Sendo então, a essência da TAS, a união de novo material com os conteúdos conceituais da estrutura cognitiva do

indivíduo. Deste modo, os novos significados são criados na interação da nova ideia ou conceito potencialmente significativo com as ideias pertinentes que o sujeito já possui em sua estrutura significativa, onde a bagagem de conceitos do indivíduo é enriquecida e modificada sucessivamente com cada nova incorporação. (SACRISTÁN e GOMES, 1998).

Em geral, a aprendizagem significativa parte dos conceitos mais gerais do que é preciso ensinar até chegar às considerações mais específicas, passando pelos conceitos intermediários, organizando o ensino de acordo com uma sequência descendente. Porém, os conceitos devem ser apresentados simultaneamente, revisando-os ciclicamente, o que irá promover tanto a diferenciação dos conceitos mais gerais e reconciliar o conjunto à estrutura, fazendo evidenciar as relações de diferentes classes que os conceitos mantêm entre eles. (SALVADOR *et al.*, 2000).

Para SALVADOR *et al.* (2000), tentar realizar uma sequência de ensino desse tipo, significa seguir dois passos:

- 1) Em primeiro lugar, identificam-se os elementos fundamentais do conteúdo organizando – os em um esquema hierárquico e relacional, em torno dos conceitos que tiveram uma maior generalização e que permitam integrar o maior número possível de conceitos restantes.
- 2) Em segundo lugar, passa-se a ordenar esses conceitos de acordo com o modelo ao mesmo tempo descendente e cíclico comentado anteriormente. Isso implica respeitar alguns princípios básicos: apresentar, em primeiro lugar, os conceitos em exemplos concretos que os ilustrem empiricamente, estabelecer sequências de aprendizagem ordenadas, partindo desses conceitos mais gerais e avançando até aos mais específicos, introduzir os elementos mais específicos mostrando tanto as relações que mantêm com os mais gerais como as que mantêm entre si. (SALVADOR *et al.*, 2000, p. 237);

ou tarefas sucessivas.

É indiscutível que o significado psicológico dos materiais de aprendizagem tem sua subordinação às peculiaridades historicamente construídas de cada um, dessa forma, o planejamento didático de todo o processo de aprendizagem significativa deve iniciar em conhecer as particularidades ideativas e mentais do sujeito que realizará as tarefas de aprendizagem do tema apresentado.

Diante disso, na aprendizagem significativa, ao existir condições para a assimilação significativa, se produz ao mesmo tempo a estruturação do conteúdo prévio e a extensão de sua potencialidade explicativa e operativa, provocando então, sua organização, sua reformulação em função da estrutura lógica do material que se adquire, sendo assim, menos sensível às interferências de curto prazo e muito mais resistente ao esquecimento, uma vez que não se encontra isolado, mas assimilado a uma organização hierárquica. (SACRISTÁN e

GOMES, 1998).

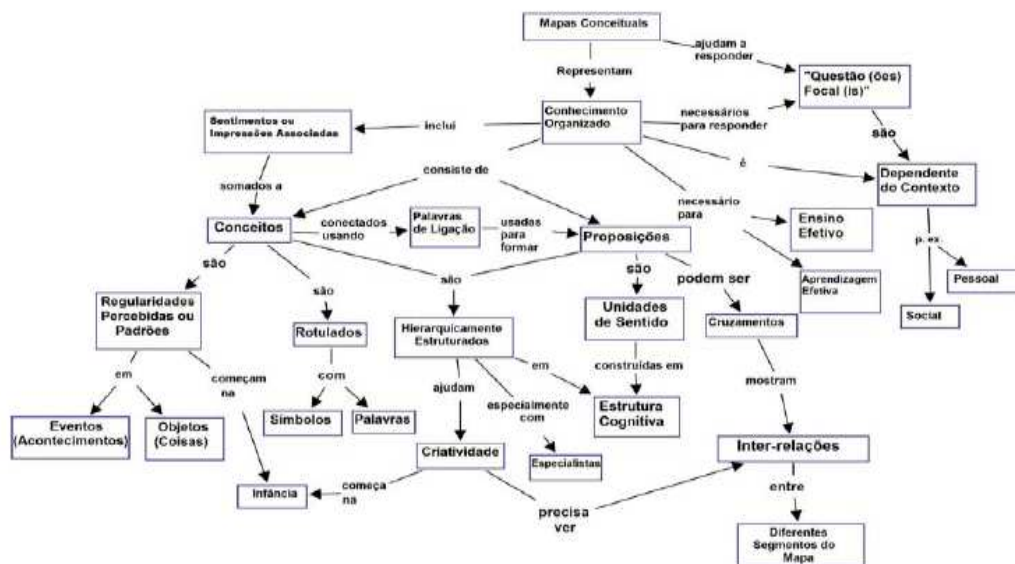
Apresentado sobre a base da TAS, segue uma metodologia denominada de Mapas Conceituais, que é uma ferramenta amplamente utilizada, como por exemplo, para abordar um determinado conteúdo pelo docente, dando uma visão do mesmo, como também ser utilizado como método avaliativo.

1.1.2 Os Mapas Conceituais

Em 1972, Joseph Novak desenvolveu dentro do programa de pesquisa, na Universidade de Cornell, ferramentas gráficas que denominou de Mapas Conceituais (MCs). (NOVAK e CANÃS, 2010). Essas ferramentas são muito utilizadas como uma metodologia para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem por docentes para que os alunos consigam visualizar os conceitos envolvidos em um determinado assunto, bem como uma forma de avaliar os conhecimentos dos mesmos, entre outras funções.

Novak e Canãs (2010) apresentam em seu artigo um mapa conceitual sobre os mapas conceituais (Figura 1.1).

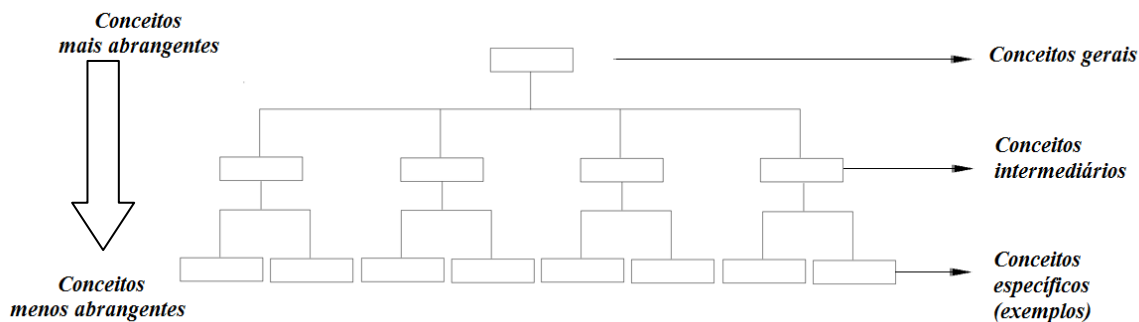
Figura 1.1 – Mapa conceitual sobre as características de mapas conceituais.



Fonte: Novak e Canãs (2010).

Os *mapas conceituais* são diagramas hierárquicos (Figura 1.2), indicando a relação entre conceitos, que procura refletir a organização conceitual de uma componente curricular ou parte dela. (MOREIRA e MASINI, 1982).

Figura 1.2- Modelo de um mapa conceitual, demonstrando a hierarquização dos conteúdos.



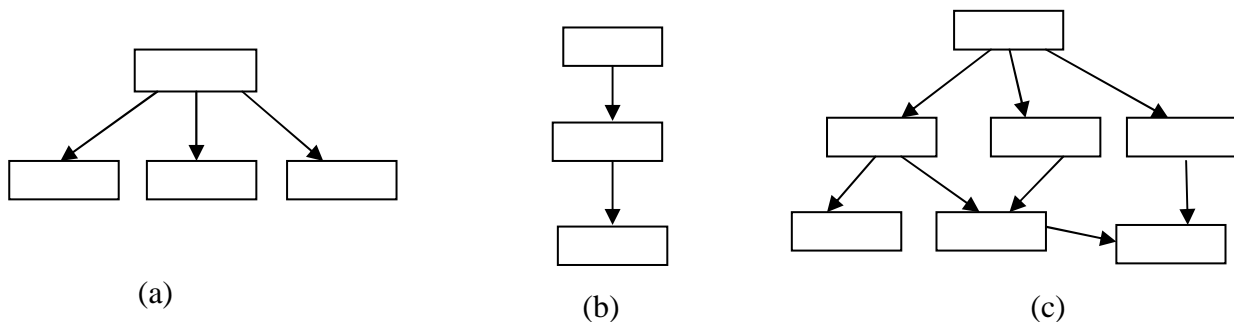
Fonte: o autor.

Os MCs foram desenvolvidos no contexto da TAS de Ausubel, conforme citado por da Silva *et al.* (2017):

A teoria de Ausubel oferece, portanto, diretrizes, princípios e uma estratégia de facilitadores da aprendizagem e como colocá-las em prática, desenvolvida principalmente por Novak. Novak desenvolveu os mapas conceituais que são uma técnica que, como sugere o próprio nome, enfatiza conceitos e relações entre conceitos à luz dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os mapas conceituais podem ser usados como recurso didático, de avaliação e de análise de currículo, como também como instrumento de metacognição, para aprender a aprender. (da SILVA *et al.*, 2017, p. 22699).

Paulo Correia, professor da USP que lidera um grupo sobre mapas conceituais, relata que além de serem hierárquicos, os conceitos devem estar ligados por preposições. Sua estrutura também expressa a compreensão sobre determinado assunto. Em seu vídeo disponível em: <<https://pt.coursera.org/lecture/mapas-conceituais/como-fazer-a-analise-do-conteudo-de-um-mapa-conceitual-y8lXU>>, ele classifica em 3 estruturas, na seguinte ordem, radial, linear e ramificada, conforme ilustrado na Figura 1.3.

Figura 1.3- Ilustração de que as estruturas indicam o aumento do conhecimento conceitual de quem o realiza: (a) Radial < (b) Linear < (c) Ramificada. Em cada seta de ligação deve conter um termo de ligação.



Fonte: o autor.

Na Figura 1.3 (a), a radial, tem um ponto de partida para todos os demais conceitos, sua leitura se faz de cima para baixo, com os conceitos mais abrangentes na parte superior, ou seja, a ideia central no topo e os conceitos menos abrangentes mais abaixo, seguida pela linear (b) que é como redigimos frases e textos, possui começo meio e fim, de fácil entendimento e com poucos conceitos a serem apresentados. O mais complexo, a ramificada, como o próprio nome informa, os conceitos são interligados, possibilita a assimilação de vários conceitos de uma mesma ideia.

O formato e o número de ramificação que inicia de um determinado conceito para outro conceito aumentam o grau de conhecimento, no entanto, várias ramificações fechando em um único conceito, se conduzem a ideia de um fechamento de um raciocínio ou seja, sinalizam a reconciliação dos conceitos espalhados pelo mapa.

Segundo, Paulo Correia *et al.* (2016) ao elaborar ou analisar um mapa informa que este deve contemplar:

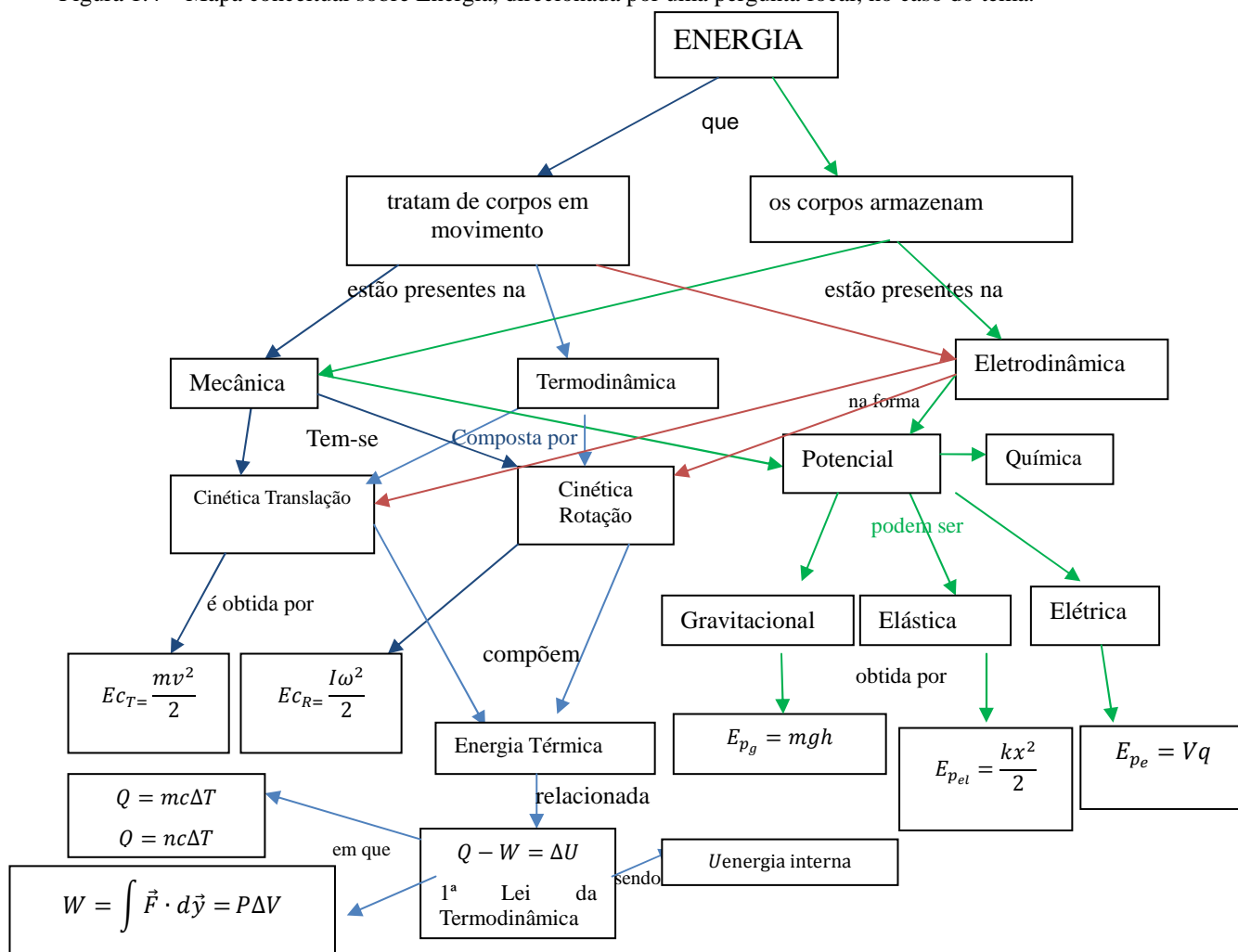
- 1) Ter uma pergunta focal;
- 2) Os termos devem estar relacionados por termos de ligações;
- 3) O formato da estrutura (Figura 1.2) indica o grau de conhecimento de quem o faz;
- 4) Sempre ler o mapa para detectar possíveis erros conceituais, fuga da pergunta focal, e se a forma estrutural está correta.

Para Salvador *et al.* (2000), essas representações hierárquicas em forma de mapas conceituais podem ser usadas, entre outras coisas, para contrastar os conhecimentos em dois momentos distintos do processo de aprendizagem, explorar os conhecimentos prévios dos alunos, representar uma rota ou trajetória do processo de ensino e de aprendizagem e extrair o significado de um trabalho de campo ou um material escrito.

Desse modo, entende-se que os mapas conceituais venham a estimular o ato da reflexão do indivíduo diante os processos cognitivos de aprendizagem, representando um elemento importante nos pontos de conexão para a aprendizagem significativa.

No presente trabalho o mapa conceitual foi feito em conjunto com os alunos, utilizado como uma ferramenta didática, e partiu de uma palavra e não de uma pergunta focal quando as aulas foram ministradas, o autor, não tinha conhecimento do trabalho do grupo de pesquisa de Paulo Correia. Mas se fosse transformar a palavra inicial Energia em uma pergunta, esta seria: Como são as Energias e suas equações que vocês conhecem na Física? E atualmente o mapa possivelmente seria algo do tipo apresentado na Figura 1.4.

Figura 1.4 – Mapa conceitual sobre Energia, direcionada por uma pergunta focal, no caso do tema.



Fonte: o autor e H. Mukai.

O mapa conceitual apresentado na Figura 1.4 está relacionado com a Física do Produto Educacional, por isso não foi inserida a parte de energia da ondulatória.

A título de informação, não utilizado no presente trabalho, existe para elaboração de mapas conceituais um *software* chamado de CMAPTOOLS, criado pelo *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC) na Florida. Disponível no site: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>. Na dissertação de mestrado de Matos (2022) há um tutorial passo a passo de como utilizar o *cmaptools*.

Na próxima subseção serão apresentados alguns critérios sobre a elaboração de um questionário.

1.1.3 Elaboração de um Questionário

Sabemos que em um processo de ensino deve-se utilizar de um mecanismo de avaliação referente à aprendizagem dos alunos, o que vem de acordo com Oliveira (2019),

Durante o processo de ensino, se faz necessário o uso de métodos avaliativos como forma de averiguar a aprendizagem dos alunos. Existem diversas formas de avaliar a aprendizagem, sendo três tipos mais importantes: “a diagnóstica, realizada quando o aluno chega à escola [...]; a formativa, que permite ajustar o processo de ensino-aprendizagem [...] e a somativa, uma decisão que leva em conta a soma de um ou mais resultados [...]”. (SILVA, 2014, p. 73, apud, OLIVEIRA, 2019, p.1).

Entre os métodos avaliativos que permitem quantificar, é uma avaliação em forma de questionário. Esse também possui critérios como a definição citada por, Hair *et al.* (2005) e Malhotra, (2011) apud Coelho *et al.* (2018),

Operacionalmente, o questionário é um instrumento composto por um conjunto de perguntas, questões ou itens padronizados e predefinidos, que visa mensurar atributos ou características relacionadas a pessoas, organizações, processos ou fenômenos. Desenvolvido para coletar dados por meio de métodos técnico-científicos, o pressuposto principal de um questionário é a garantia de acurácia e precisão na verificação dos objetos de investigação (HAIR *et al.*, 2005; MALHOTRA, 2011 apud COELHO *et al.*, 2018, Cap. 6, p. 3).

Baseados em Malhotra (2011) e Hair *et al.* (2014), Coelho *et al.* (2018), apresentam um *check-list* sobre os itens básicos a serem considerados ao elaborar um questionário:

1 - Confirme os objetivos da pesquisa e as informações necessárias a serem coletadas antes de planejar o questionário. 2 - Determine os requisitos de dados (métodos de coleta) para alcançar cada objetivo da pesquisa. 3 - Na introdução do questionário, devem-se incluir uma descrição geral do estudo e um termo de consentimento livre e esclarecido. 4 - Em seguida, devem ser expressas com clareza as instruções de resposta ao questionário. 5 - As questões e/ou itens devem seguir uma ordem lógica e encadeada, por exemplo: (i) questões de qualificação ou triagem, (ii) questões introdutórias, (iii) questões principais, (iv) questões psicográficas, (v) questões demográficas e (vi) questões de identificação. 6 - Escolha o texto e a melhor estrutura para cada questão. Verifique o conteúdo individual de cada questão. 7 - Use uma sequência temática ou seções, por exemplo: (i) questões sobre satisfação, (ii) questões atitudinais, (iii) questões socio-bio-demográficas. Inicie o questionário com as questões ou grupo de questões mais simples, avançando gradualmente em direção às questões ou grupo de questões mais complexas. 8 - Determine o formato e layout final do questionário. Evite elaborar questões com diferentes formatos de mensuração na mesma seção do questionário. 9 - Finalize o questionário com um agradecimento. 10 - Realize um pré-teste. (COELHO *et al.*, 2018, Cap. 6. p. 9).

Ainda para a elaboração de um questionário, os mesmos autores sugerem que se leve em consideração as informações do Quadro 1.1 em formato de 10 passos para o

desenvolvimento e redação das questões.

Quadro 1.1 – Sugestão de Critérios para o desenvolvimento e redação de questões.

Quesitos	Critérios de forma Geral
Unicidade	A pergunta/item deve possibilitar uma única interpretação.
Objetividade	A pergunta/item deve ser clara e precisa.
Simplicidade	A pergunta/item deve expressar uma única ideia de cada vez.
Clareza	A pergunta/item deve ser inteligível até para o estrato mais baixo da população meta.
Relevância	A pergunta/item deve ser consistente com a proposta da pesquisa.
Precisão	A pergunta/item deve ser precisa e distinta das demais perguntas/ítems que cobrem o mesmo objetivo.
Variedade	A pergunta/item deve variar a linguagem, pois o uso dos mesmos termos em todas as perguntas/ítems confunde as frases e dificulta a compreensão.
Modalidade	A pergunta/item deve evitar a utilização de expressões que denotem extremismos.
Tipicidade	A pergunta/item deve utilizar expressões e frases condizentes com o atributo avaliado.
Credibilidade	A pergunta/item deve ser elaborada de forma que não pareça ridícula, despropositada ou infantil.

Fonte: Coelho, 2018.

Embora o Quadro 1.1 esteja direcionado à pesquisa de forma geral, inclusive de opinião, os critérios para elaboração de um questionário diagnóstico para uma metodologia científica não fogem do exposto no Quadro 1.1, de forma que, para elaborar um questionário deve-se ter bem claro e compreendido o assunto/tema que se deseja avaliar.

Deve-se levar em consideração o tipo de questão a ser proposto, se aberta ou fechada. Na área de Ciências também ter em mente quais critérios serão utilizados para a correção das questões dissertativas/abertas, pois as questões podem estar parcialmente corretas.

Neste trabalho adotou-se como avaliação quantitativa e fechada, além de ser objetiva, por meio de um questionário diagnóstico respondido pelos alunos antes da aplicação do produto educacional para detectar seus conhecimentos prévios (subsunçores). E o mesmo questionário, sendo ele idêntico ao primeiro, mas agora considerado como avaliativo, para uma comparação com o questionário inicial, e quantificar se houve (quanto) ou não a evolução do aprendizado após a aplicação do PE. Dois anos após a aplicação do PE, veio a oportunidade de saber se os conceitos trabalhados com a aplicação do PE ainda estavam na

memória dos alunos, assim, aplicou-se em parte dos alunos um terceiro questionário, também no mesmo estilo, mas com 3 questões iniciais diferentes.

Ressalta-se que apesar de o questionário ser de múltipla escolha, foi elaborado de forma que o aluno precise refletir sobre as respostas, e para saber se o aluno respondeu de forma consciente, utilizou-se também a avaliação formativa ajustando o processo ensino aprendizagem durante o decorrer das aulas, e a somativa que foi considerar todas as formas possíveis não quantitativas de avaliar o aprendizado, como participação intensa dos alunos, com questões, respostas, reações (expressões faciais e corporais). Conforme citado pelo Professor Marco Antonio Moreira (2021), “Na avaliação buscar evidências de aprendizagem significativa; testes de múltipla escolha não avaliam, apenas medem a quantidade de respostas certas.” (MOREIRA, 2021, p. e20200451-7).

Visto sobre as TAS, MCs e elaboração de Questionário, na próxima subseção apresenta-se a metodologia de organização para trabalhar determinado conteúdo junto aos alunos. Essa organização deu-se por meio de uma Sequência Didática.

1.1.4 Sequência Didática

Com o intuito de buscar o melhor processo de ensino-aprendizagem e também de tornar o trabalho didaticamente bem estruturado, usou-se como referencial para elaborar essa sequência didática os princípios da Prática Educativa de Antoni Zabala. (ZABALA, 1998).

Para Zabala e Arnau (2014), a maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática é denominada de sequência de ensino-aprendizagem ou de Sequência Didática (SD). Essas podem oferecer pistas para cada atividade a ser enumerada na construção do conhecimento ou da aprendizagem, valorizando ou não sua pertinência, a falta ou ênfase que devemos atribuir a elas.

Para esses autores, as sequências didáticas ainda devem conter:

- um estabelecimento compartilhado dos objetivos, as atividades e a identificação da situação da realidade que será objeto de estudo;
- a identificação dos problemas ou questões que se apresentam;
- a construção do esquema de atuação e a expressão exata desses esquemas;
- a revisão do conhecimento disponível para planejar a sua aprendizagem;

- a aplicação do esquema de atuação em situações reais diferentes, a quantidade de vezes que forem necessárias.

Segundo Zabala (1998), os tipos de atividades, as maneiras de se articular, são os traços diferenciais que determinam a especificidade das propostas didáticas. Assim, a exposição do tema, a observação, o debate, as avaliações e aplicações, entre outras, podem ter um caráter ou outro, segundo o papel atribuído pelos/aos professores e alunos, à dinâmica grupal e aos materiais utilizados.

Contudo, ao buscar uma aprendizagem ampla, que vai além dos conteúdos disciplinares, nos ajuda a dar vida a essa ideia ao trabalho, uma vez que ao responder as questões “o que se deve saber?”, “o que se deve fazer?” e “como se deve ser?” que é possível ligar toda diversidade do conteúdo a ser trabalhado a ser organizado de forma que sejam factuais, conceituais, procedimentais ou atitudinais. (ZABALA, 1998).

Mais adiante, o mesmo autor traz as definições de cada conteúdo, o que auxilia na construção de toda uma sequência didática. Para o referido autor, os conteúdos factuais, apesar de ultimamente serem menosprezados, são indispensáveis para compreender a maioria das informações e problemas que surgem na vida cotidiana e profissional, uma vez que se trata do conhecimento dos fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos concretos e singulares, como por exemplo, a idade de uma pessoa, códigos ou fatos de um determinado momento.

No entanto, são conteúdos descritivos e concretos, que partem de uma aprendizagem de cópia e repetição, sendo como estratégia a tarefa de memorização, sendo assim, requer muito planejamento, pois é importante realizar novas atividades para fomentar a lembrança, pois tais conteúdos são esquecidos com muita facilidade.

Os conteúdos conceituais, para Zabala (1998), são termos abstratos, se referindo ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos, descrevendo as relações de causa-efeito ou de correlação. Sendo como pré-requisito a interpretação, a compreensão ou a exposição de um fenômeno ou situação, o que traz a capacidade do indivíduo de situar os fatos, objetos ou situações concretas no conceito que os inclui. Fatores esses, que implicam na compreensão, o que vai muito além da reprodução de enunciados mais ou menos literais, sendo uma aprendizagem que não pode ser considerada acabada, pois sempre existe a possibilidade de ampliar e aprofundar seu conhecimento, fazendo-a mais significativa.

Para tanto, é necessário um processo de elaboração e construção pessoal do conceito, considerando atividades experimentais que favoreçam a ligação entre os conteúdos de aprendizagem com os conhecimentos prévios, bem como, promovam uma forte atividade mental, colocando significados e funcionalidades aos novos conceitos e princípios para então, serem utilizados na interpretação, nos conhecimentos de situações e/ou para a construção de outras ideias.

Sobre os conteúdos procedimentais, o referido autor explica que esses são um conjunto de ações ordenadas e com um fim, dirigidas para a realização e um objetivo, como desenhar, observar, calcular, classificar, dentre outros. Portanto, os conteúdos procedimentais é um conjunto de ações com características bem específicas, divididas entre três eixos ou parâmetros:

- *motor/cognitivo*, como saltar e recortar ou ler e traduzir, respectivamente, fazem parte do primeiro parâmetro;
- o segundo parâmetro está determinado pelo *número de ações que intervêm*, seja composta por poucas ou por múltiplas ações;
- o terceiro parâmetro está ligado ao *grau de determinação da ordem das sequências*, onde as ações a serem realizadas e a maneira de organizá-las dependem em cada caso das características da situação em que se deve aplicá-los.

Contudo, mesmo que todo conteúdo procedimental venha se situar em alguns desses três parâmetros, aprender os conteúdos procedimentais pode partir de modelos especializados. Desta forma, Zabala (1998) elenca os fatores que implicam na aprendizagem de um procedimento, que são:

- a *realização das ações*, que está relacionada na obviedade que se aprende a partir do “fazer-fazendo”, a exercitação múltipla, uma vez que não basta realizar apenas uma vez as ações do conteúdo procedimental,
- a *reflexão sobre a própria atividade*, pois não se pode repetir um exercício sem mais ou menos, pois é importante fazer uma reflexão da sua aplicação,
- e o último fator é a *aplicação em contextos diferenciados*, fazendo com que muitas vezes as exercitações sejam numerosas, pois, é necessário que sejam realizadas com contextos diferentes, tornando a possibilidade do que se aprende seja cada vez mais útil e ser utilizado em situações nem sempre previsíveis.
(ZABALA, 1998, p.45).

A aprendizagem dos conteúdos atitudinais, ainda para Zabala (1998), está associada a um conhecimento que analisa e avalia as normas, que faz uma apropriação e elaboração de conteúdo, que implica em fazer uma análise de fatores positivos e negativos. Tem uma tomada

de posição, porta um envolvimento afetivo e desempenha uma revisão da própria atuação.

Deste modo, os conteúdos atitudinais estão relacionados com conteúdo que agrupam:

- os *valores*, que são os princípios ou as ideias éticas que permitem emitir juízo sobre as condutas e seu sentido, como a solidariedade e o respeito aos outros;
- as *atitudes*, que são a forma como cada pessoa realiza sua conduta de acordo com valores determinados, como por exemplo, a cooperação em grupo e o respeito com o meio ambiente;
- as *normas*, que são os padrões ou regras de comportamento que se deve seguir a todos os membros de um grupo social.

Visto os aspectos principais do que se trata e como elaborar uma sequência didática, algumas das considerações como a repetição e o uso do aparato experimental foram feitas em outras ocasiões, sempre que os mesmos pudessem ser adaptados ao conteúdo sobre Física que envolva Energia, trabalho, e os demais conceitos físicos envolvidos, como os expostos na seção 1.2.

1.2 Energia: conceitos, formas e leis de conservação – da mecânica à termodinâmica

Esta seção traz o referencial teórico sobre o conceito de Energia, partindo do princípio definido na Mecânica, como: “a capacidade de um corpo de realizar trabalho sobre ou pela ação de uma força”. Para tanto, citam-se os textos de Zemansky, M. W; Sears, W. F. (1973), Tipler, A. P; Mosca, G. (2006), Nussenzveig, M. H. (2002). D. Halliday, R. Resnick e J. Walker (2016), livros fundamentais em nível de terceiro grau.

Como também, livros de ensino médio, selecionados do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), entre outros, “Mecânica”, Volumes 1, 2 e 3 de José Roberto Bonjorno *et al.* (2016), “Física Ensino Médio 1º Ano - ser Protagonista” de Angelo Stefanovits (2013), do mesmo modo que “Os Fundamentos da Física”, Volumes 1, 2 e 3 de Francisco Ramalho Junior *et al.* (1997).

Partindo do pressuposto de que as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (PARANÁ, 2009) implicam que os conceitos a serem trabalhados pelo professor estejam

fundamentados na História e na Epistemologia da Física, se faz jus um enfoque teórico nessa perspectiva.

1.2.1 Fundamentação Histórica

Com os avanços da ciência, principalmente pela influência do matemático e astrônomo Polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o Astrônomo, Físico e Engenheiro Italiano Galileu de Vincenzo Bonaulti de Galilei (1563-1642), no século XVII, o homem passa a ver a evolução do mundo não mais pela ação direta de um criador, mas, por grandes leis da natureza expressas matematicamente, fazendo-se questionar a matéria e sua evolução de outra forma.

É no século XIX, pelo matemático e físico britânico William Thomson (1824 -1907) conhecido como Lord Kelvin ao nomear de *energia cinética*, a representação da metade de uma grandeza, denominado pelo polimata e filósofo alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), de *vis viva* “ mv^2 ”, que surge o termo *energia*, vindo para substituir a terminologia de *vis*, ou força de Leibniz, generalizando o conceito de energia a partir dos *vis viva*, o que abrangeu todas as outras formas de energia, como por exemplo, a *vis latente* ou *vis mortua*, conhecida hoje, como energia potencial. (ROCHA, *et al.*, 2011).

Em Textos de Apoio ao Professor de Física, Alessandro A. Bucussi (2006) deixa claro que a *vis viva* só foi substituída principalmente pelo físico e médico britânico Thomas Young (1773-1829), pelo termo “*energia*” a partir de 1807, e recebeu a denominação atual de “energia cinética” por Lord Kelvin.

Para Rocha *et al.* (2011), os conceitos de Christiaan Huygens – físico, matemático e astrônomo Holandês (1629-1695), por meio de observações de colisões entre dois objetos, e de Leibniz, sobre o *vis viva*, foram elementares para a formulação do princípio da conservação da energia, um dos mais importantes princípios da física, formulado em meados do século XIX, num enunciado que dizia que a energia do Universo não pode ser criada e nem destruída, mas transformada.

Entretanto, ainda no século XVIII, mais exatamente em 1798, o engenheiro militar norte-americano Benjamin Thomson (1753-1814), também conhecido por Conde Rumford, ao perfurar canos de canhão, descobriu que o calor produzido era inextinguível, uma vez que fervia toda a água utilizada para o resfriamento. Até aquele momento, o calor era considerado

uma substância que passava dos corpos quentes aos frios, chamada de *calórico*, em que deveria ser então, uma forma de energia desorganizada que provinha da energia do movimento das brocas quando friccionadas com o cano do canhão.

Os mesmos autores ainda mencionam,

A partir de então, o calor passou a ser incorporado também às equações que regem o princípio de conservação da energia. Existiriam, assim, duas formas de se transferir energia de um sistema a outro: o trabalho das forças se encarregaria de transferir energia mecânica, enquanto que o calor se transferiria por diferenças de temperatura entre os dois sistemas. No século XIX, a antiga *vis viva* de Leibniz foi assim unificada ao calor através do conceito comum de energia, constituindo-se em uma das mais importantes leis da Termodinâmica. (ROCHA *et al.*, 2011, p. 106).

É notável que ao considerar os princípios históricos da ciência, esta se torna além da dedução lógica dos eventos, a sua construção deixa de ser unicamente oriunda da experimentação e da própria álgebra, demonstrando a não neutralidade do conhecimento científico e que suas decorrências também são influenciadas por aspectos subjetivos.

1.2.2 Energia e Trabalho na Mecânica

A energia é uma grandeza física que pode ser convertida de uma forma para outra, não pode ser criada e nem destruída nos processos uma vez ocorrida. Mesmo quando se combinar toda energia com a matéria que constitui o Universo, ela sempre permanece constante, ou seja, a soma de todas as formas de energia abrangidas permanece consecutivamente igual, jamais existiu exceção ao respectivo entendimento, deixando a ideia de que o conceito mais central de toda ciência seja de Energia.

Paul A. Tipler (2006) descreve a energia como um conceito unificador e mais importante para a ciência, uma vez que todos os processos físicos envolvem energia, sendo essa uma medida de sua habilidade de realizar trabalho, afirmando ainda que diferentes termos são utilizados para descrever as diferentes condições ou estados que ela pode se manifestar. Delineando que a Energia Cinética é a energia associada ao movimento, a Energia potencial é a energia associada à configuração de um sistema, e a Energia Térmica associada ao movimento aleatório dos átomos, moléculas e íons de um sistema, e está intimamente relacionada com a temperatura do sistema.

Para David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker (2016) o termo energia, uma vez sendo muito amplo, dificulta uma definição simples, de tal modo, integrando a energia a um número que se associa a um sistema de um ou mais objetos, que se for definido de forma

adequada, esse número pode ser usado para prever resultados de experimentos e até construir máquinas capazes de realizar proezas fantásticas, como voar.

Já em termos gerais, Ángel M. Municio e Antonio C. Martínez (2004), definem energia como uma magnitude física conservativa, que é capaz de um sistema produzir trabalho ou calor, deixando claro em ambas as ideias de que a energia está intensamente associada ao conceito de trabalho.

Desde já, é importante ressaltar de que em Física, segundo Francisco Ramalho Junior *et al.* (1997), o trabalho está associado a forças e não a corpos, o que distingue do significado da palavra trabalho empregada no cotidiano, que a relaciona a qualquer atividade física que necessita de esforço físico ou intelectual.

Para Hugh Young (2008), e os demais autores anteriormente citados, matematicamente, o conceito de trabalho aqui anotado¹ pela letra W , acrônimo da palavra trabalho na língua inglesa *Work*, na Física é definido pelo produto escalar entre a força \vec{F} e o deslocamento $d\vec{r}$ realizado pelo corpo ao se mover de um ponto inicial i a um ponto final f , e representado matematicamente como,

$$W_{if} = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (1.1)$$

Utilizando a definição de produto escalar como citado em Griffiths (2010), $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}|\text{sen}\theta = AB\text{sen}\theta$, sendo θ o ângulo entre os vetores \vec{A} e \vec{B} , e a força e o deslocamento expressos em termos das coordenadas cartesianas, $\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$, e $d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$, respectivamente,

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \cos\theta; \quad (1.2(a))$$

$$W = \int_{y_i}^{y_f} F_y dy \cos\theta; \quad (1.2(b))$$

$$W = \int_{z_i}^{z_f} F_z dz \cos\theta. \quad (1.2(a))$$

O uso de qual das eqs. (1.2) depende da direção do deslocamento em relação à força aplicada.

¹ Exceto nos livros do ensino médio, como Ramalho *et al.* (1997) que utilizam a letra grega tau, τ , para representar o trabalho.

Assim, a representação do trabalho realizado (eq. (1.3)) por um deslocamento \vec{d} entre dois pontos em uma das direções causada por uma força constante \vec{F} é representada por,

$$W = Fd\cos\theta. \quad (1.3)$$

Observando que se:

- \vec{F} e \vec{d} forem perpendiculares entre si, $\theta = 90^\circ \rightarrow W = 0$;
- \vec{F} e \vec{d} forem paralelos entre si, $\begin{cases} \theta = 0^\circ \rightarrow W = Fd; \\ \theta = 180^\circ \rightarrow W = -Fd. \end{cases}$

Lembrando que, $F = |\vec{F}|$ e de que $d = |\vec{d}|$ são as magnitudes da força e deslocamento respectivamente.

Observa-se também que, o trabalho realizado sobre o corpo é tanto maior quanto maior for à intensidade da força \vec{F} , por consequência o deslocamento do corpo, como exemplo, na direção de x , $d = x_f - x_i$.

A unidade no SI usada para trabalho é o *Joule*, em homenagem ao físico inglês James Prescott Joule, (1818 - 1889), que de forma abreviada é representada pela letra J.

Sendo a unidade de trabalho dada pelo produto da unidade de força pela unidade de deslocamento, em que, no Sistema Internacional de unidades (SI) a unidade de força é o Newton (N) e a unidade de deslocamento é o metro (m), verifica-se então, que a unidade Joule é equivalente a um Newton vezes metro (Nm), ou ainda em termos das unidades fundamentais de comprimento tempo e massa, é dada em $Kg\ m^2/s^2$.

Para Halliday (2008), trabalho é uma energia que se transfere a um objeto por meio de uma força que atua no mesmo. Dessa forma,

- se energia for transferida para o objeto, classifica-se o Trabalho como positivo, $W > 0$, porém,
- se a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo, $W < 0$.

Uma vez que “realizar trabalho” ou “receber trabalho” é na verdade o ato de transferir energia, tem-se que o trabalho é uma grandeza escalar e possui a mesma unidade de medida que a energia. No caso do SI ambos em Joule (J) como já citado, e no sistema gaussiano de unidades é dado em ergs. Assim 1 N equivale a 10^5 ergs.

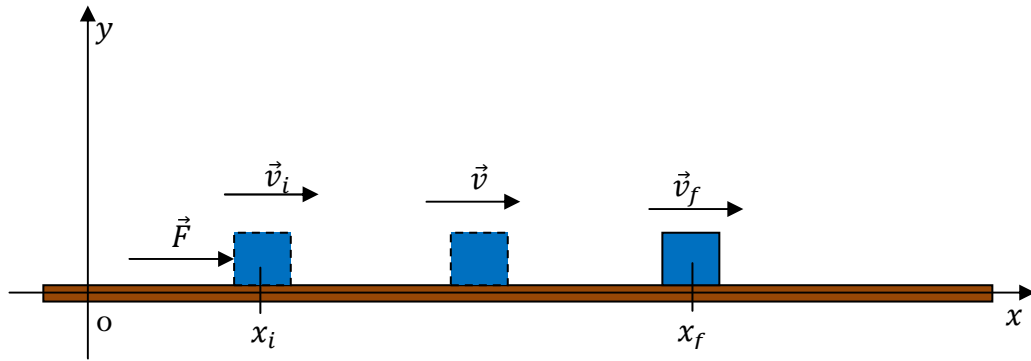
1.2.2.1 Teorema Trabalho-Energia Cinética

Hugh Young, (2008) cita que o trabalho total também pode ser relacionado com a velocidade do corpo, ao considerar um corpo de massa m , movendo-se ao longo de um eixo $0x$ sob a ação de uma força resultante e constante de módulo $F_x = ma_x$, orientada no sentido positivo do respectivo eixo, a aceleração constante do corpo e que ao se deslocar de um ponto x_i a um ponto x_f na mesma direção da força, variando a velocidade de v_i para v_f , (Figura 1.5).

Nesse caso, a eq. (1.1) com o movimento na direção de x , fica expresso como,

$$W = \int_{x_i}^{x_f} (ma_x)dx, \quad (1.4)$$

Figura 1.5 – Desenho esquemático do trabalho realizado por uma força \vec{F} provocando um deslocamento na direção e sentido $0x$.



Fonte: o autor e H. Mukai

Substituindo na eq. (1.4) a aceleração pela derivada da velocidade em relação ao tempo,

$$W = \int_{x_i}^{x_f} \left(m \frac{dv_x}{dt} \right) dx. \text{ Realizando uma mudança de variável de } x \text{ para } v,$$

$$W = \int_{v_i}^{v_f} m v_x dv_x,$$

considerando a massa do corpo constante durante o movimento e integrando em v_x ,

$$W = m \int_{v_i}^{v_f} v_x dv_x = m \left(\frac{v_{x_f}^2}{2} - \frac{v_{x_i}^2}{2} \right). \quad (1.5)$$

Definindo a quantidade entre parênteses, por E_c , na eq. (1.5),

$$\frac{mv^2}{2} \doteq E_c, \quad (1.6)$$

que é uma grandeza escalar que representa a energia associada ao movimento da partícula, a

eq. (1.5) fica escrita na forma

$$W = \Delta E_c, \quad (1.7)$$

denominada de Teorema Trabalho-Energia Cinética.

1.2.2.2 Relação Trabalho-Energia Potencial

Como informado por Paul G. Hewitt (2009) um corpo pode armazenar energia devido à sua configuração (variação na posição) em relação a um referencial, sendo que a esta energia que está prontamente disponível é denominada de Energia Potencial (E_p), pois nesta forma ela possui o potencial de realizar trabalho. O referido autor exemplifica que uma mola quando é comprimida ou distendida, um arco quando é vergado ou a Energia Química dos combustíveis, até mesmo dos alimentos, são capazes de realizar Trabalho.

Tal relação, segundo Hugh Young (2008), faz-se entender que a energia passa a ser armazenada por um sistema para ser recuperada em outro momento. É o que acontece quando realizamos um trabalho para erguer uma pedra, pois ao elevar a pedra armazena-se energia no sistema, fornecendo então, o potencial ou a possibilidade da realização de um trabalho, uma vez que mais tarde será convertida em outro tipo de energia, quando a pedra for solta. Essa energia associada à posição do centro de massa do corpo em relação ao solo e a força peso ($m\vec{g}$) que nesse ponto atua, é chamada de Energia Potencial Gravitacional.

A Energia Potencial Gravitacional pode ser calculada com o auxílio de uma equação, em que, para obtê-la, é preciso obter primeiramente uma relação geral entre uma força conservativa e a energia potencial a ela associada. (HALLIDAY *et al.*, 2010).

Considerando \vec{F} como uma força conservativa atuando em um objeto com dimensões desprezíveis (como se toda sua massa estivesse concentrada no seu centro de massa), ela realiza um trabalho W sobre esse objeto e tem-se que a variação da energia potencial ΔU associada ao sistema é o negativo do trabalho realizado, e representada por

$$\Delta E_p = -W. \quad (1.8)$$

Ao substituir a eq.(1.8) na eq.(1.1), tem-se que a variação da energia potencial associada a um sistema que possui mudança de configuração é representada por

$$\Delta E_p = - \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (1.9)$$

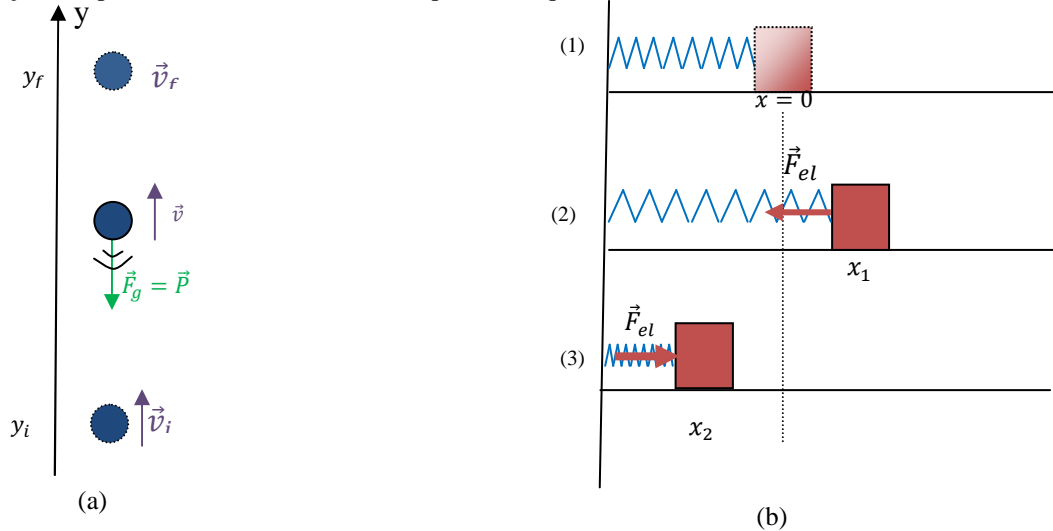
A eq. (1.9) também é encontrada na literatura na forma

$$\vec{F}(r) = - \frac{dE_P(r)}{dr} \hat{r}. \quad (1.10)$$

Observa-se que tanto a força quanto a energia potencial dependem somente da posição do corpo em análise.

Ao considerarmos uma partícula de massa m , movendo-se verticalmente ao longo de um eixo y considerando o sentido positivo para cima, de um ponto y_i à outro y_f , em um sistema em que as forças dissipativas sejam nulas ou desprezíveis, tem-se que a força gravitacional \vec{F}_g realiza um trabalho sobre ela (Figura 1.6(a)).

Figura 1.6 – Desenho ilustrativo: (a) de um objeto sendo lançado verticalmente com uma velocidade inicial \vec{v}_i de um ponto y_i até uma altura y_f , considerando somente a atuação da força gravitacional; (b) sistema massa-mola, sem forças dissipativas, oscilando em torno do ponto de equilíbrio ($x = 0$).



Fonte: H. Mukai.

Substituindo na eq. (1.9), \vec{F}_g dada pela magnitude da força peso, mg , integrado ao longo do eixo y , considerando que o ângulo entre a força e o deslocamento seja 180° (estando assim em sentidos opostos), tem-se que a variação da energia potencial gravitacional ΔE_P ,

$$\Delta E_P = - \int_{y_i}^{y_f} (mg) dy \cos 180^\circ,$$

tal que,

$$\Delta E_P = mg(y_f - y_i) = mg\Delta y. \quad (1.11)$$

Por fim, considerando que o objeto se encontra em uma “configuração de referência”, na qual temos que E_{P_i} e y_i iguais a zero, a eq. (1.11), fornece a equação utilizada

para determinar a energia potencial em um sistema “partícula”-Terra, dependendo apenas da posição vertical ou altura y da “partícula” em relação à posição de referência $y = 0$,

$$E_p = mgy . \quad (1.12)$$

Paul A. Tipler (2006, p. 202) cita outro exemplo de força conservativa quando descreve sobre o movimento de uma mola de massa desprezível, onde supõe que, ao puxar um bloco preso a essa mola, esticando-a para a direita, a partir de sua posição de equilíbrio, $x = 0$ (Figura (1.6 (b1))), até outra posição $x = x_1$, Figura 1.6 (b2), verifica-se que o trabalho realizado pela mola sobre o bloco é negativo, uma vez que essa força e o deslocamento estão em sentidos opostos.

No entanto, ao largar o bloco, a força da mola realiza um trabalho positivo sobre o bloco, pois ele se move no sentido da sua posição inicial, Figura 1.6 (b2), o que faz o trabalho total realizado sobre o bloco pela mola, em todas as posições tomadas pelo bloco, nesse intervalo igual a zero.

O mesmo iria ocorrer se contasse o movimento da mola a partir de x_1 , ponto em que a mola está distendida, ao liberar o bloco, este passa pela posição de equilíbrio ($x = 0$), e atinge o ponto x_2 , Figura 1.6 (b3) e a mola fica comprimida empurrando o bloco para a direita, pois acumulou energia potencial elástica, e retorna à sua posição inicial x_1 . Permanecendo oscilando em relação ao seu ponto de equilíbrio $x = 0$, do ponto x_1 até x_2 , e vice-versa. Isso para um sistema com forças dissipativas nulas ou desprezíveis, o trabalho total é nulo e independe da trajetória.

Levando em consideração o limite elástico da mola, este resultado não depende da distensão da mesma, ou seja, é independente de x_1 , sendo, portanto, uma força conservativa. Em um deslocamento infinitesimal $d\vec{r}$, onde a variação da energia potencial é dE_p pode-se usar a eq.(1.10) para calcular a função de energia potencial associada a esta força. Para o caso da energia potencial elástica, a força é dada pela Lei de Hooke, $F_x = -kx$, tal que,

$$dE_p = - \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = - \int (-kx) dx \cos 0^\circ = \int_{x_i}^{x_f} kx dx = \frac{1}{2} kx^2 \Big|_{x_i}^{x_f} = \frac{k}{2} (x_f^2 - x_i^2), \quad (1.13)$$

considerando $x_i = 0$, e $E_{p_i} = 0$, a energia potencial em uma determinada posição x é dada por:

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2. \quad (1.14)$$

A eq. (1.14) é a equação da energia potencial elástica, associada a lei de Hooke.

1.2.2.3 Energia Mecânica e sua Lei de Conservação

A soma da energia cinética, E_c , com a energia potencial, E_p , resulta na energia Mecânica, E_m , de um determinado sistema,

$$E_m = E_c + E_p. \quad (1.15)$$

Considerando um sistema em que as transferências de energia sejam produzidas apenas por forças conservativas, desprezando então as forças dissipativas (por exemplo, de atrito e de arrasto), e que nenhuma força externa atue sobre o sistema além da força peso, têm-se que quando uma força conservativa realiza um trabalho W , essa força é a responsável por uma transferência de energia entre a energia cinética adquirida pelo objeto e a energia potencial acumulada no sistema

$$W = -\Delta E_p = \Delta E_c. \quad (1.16)$$

Da eq. (1.16),

$$\begin{aligned} \Delta E_p + \Delta E_c &= 0 \\ E_{p_f} - E_{p_i} + E_{c_f} - E_{c_i} &= 0 \\ E_{m_f} &= E_{m_i}, \end{aligned} \quad (1.17)$$

que representa a lei de conservação da Energia Mecânica, em um sistema conservativo, que também pode é representada como:

$$\Delta E_m = 0.$$

Conforme citado por Halliday *et al.*,

Em um sistema isolado, onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas sua soma, a energia mecânica E_{mec} do sistema, não pode variar. Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a soma da energia cinética com a energia potencial em um instante à soma em outro instante, *sem levar em conta o movimento intermediário e sem calcular o trabalho realizado pelas forças envolvidas.* (HALLIDAY *et al.*, 2008, p. 188).

Em sistemas que envolvam movimento de translação e rotação, deve-se lembrar que

essa energia mecânica é a total do sistema. Tal que a energia cinética será dada pela eq. (1.19) adicionada à energia cinética de rotação² $E_{cR} = \frac{1}{2} I \omega^2$, sendo I o momento de Inércia do corpo e ω a velocidade angular de rotação em torno de um eixo fixo.

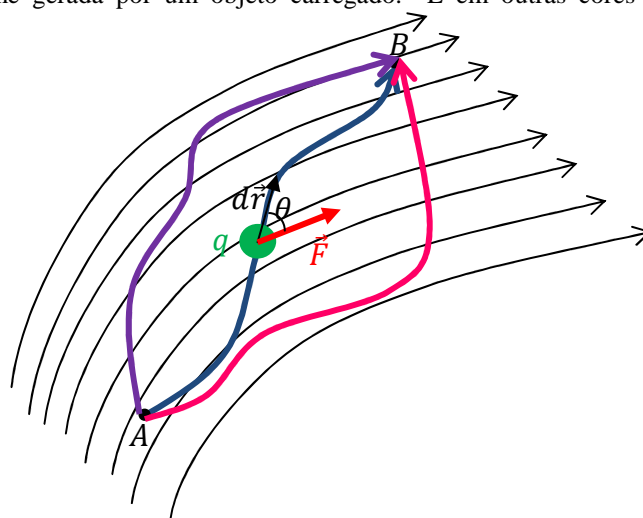
1.2.3 Energia e Trabalho no Eletromagnetismo

No caso do Eletromagnetismo, tem-se que o trabalho realizado por uma força elétrica de intensidade, $F = q E$, para deslocar de uma magnitude d uma carga elétrica puntiforme $+q$ entre dois pontos A e B em um campo elétrico não uniforme de intensidade E , Figura 1.7, a eq. (1.1) é dada por,

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_{el} \cdot d\vec{r} = \int qE dr \cos \theta. \quad (1.18)$$

Como a força elétrica também é uma força conservativa, qualquer outra trajetória entre A e B (Figura 1.7, por exemplo, trajetórias em lilás e rosa) ou ainda entre quaisquer dois pontos sobre cada trajetória, a variação de energia potencial ($\Delta E_{P_{el}}$) é a mesma, o que significa que o trabalho independe da trajetória.

Figura 1.7 – Desenho esquemático ilustrando uma carga elétrica (q) se deslocando entre dois pontos em um campo elétrico não uniforme gerada por um objeto carregado. E em outras cores outras trajetórias como exemplos.



Fonte: adaptada de Halliday *et al.* (2010).

Como todo objeto carregado cria um potencial elétrico (V) no mesmo ponto em que é criado um campo elétrico (HALLIDAY *et al.*, 2010), a energia potencial ($E_{P_{elétrica}}$) dessa

² No Apêndice A, apresenta-se a dedução da expressão da energia cinética de rotação.

configuração pode ser escrita como,

$$E_{P_{elétrica}} = qV. \quad (1.19)$$

Conforme citado por Halliday *et al.* (2010, p.201), “[...] quando uma partícula carregada é colocada em uma região onde existe um campo elétrico e não afeta de modo significativo o objeto que produziu o campo elétrico, podemos atribuir a energia potencial elétrica (e o potencial elétrico) apenas à partícula”, neste caso a partícula se referindo à carga.

No caso da carga se movendo entre dois pontos, como ilustrado na Figura 1.7, a variação da energia potencial é dada por,

$$\Delta E_{P_{elétrica}} = q(V_B - V_A), \quad (1.20)$$

tal que a eq. (1.11) em termos da eq. (1.20) fica expresso na forma,

$$\Delta E_{P_{elétrica}} = W_{AB} = -q(V_B - V_A).$$

Essa variação pode ser nula quando não houver variação de potencial, $V_A = V_B$, e pode ser negativa ou positiva dependendo dos sinais da carga q e da diferença de potencial. Portanto, o trabalho realizado pelo campo elétrico para levar uma carga ($\pm q$) do ponto A até B é dado por:

$$W_{AB} = q(V_A - V_B) = qU. \quad (1.21)$$

A quantidade $V_A - V_B = U$ na eq. (1.21) é conhecida como diferença de potencial (ddp) ou também denominada de tensão. No SI, a unidade da ddp/tensão é Volt (V), em homenagem a Alessandro Volta (1745-1827), o Físico que construiu a primeira pilha elétrica. A carga é dada em Coulomb (C), em homenagem a Charles Coulomb (1736-1806).

Na eq. (1.21) para o cálculo do potencial elétrico, em um único ponto, atribui-se um valor arbitrário, como por exemplo, zero a um dos pontos, que será o ponto de referência para a medida de potenciais. O potencial será positivo ou negativo quando se muda o ponto de referência, mas a ddp (U) continua igual.

1.2.4 Trabalho e Energia na Termodinâmica

Em Termodinâmica, o trabalho é realizado pelo sistema ou sobre o sistema, e diferentemente da Mecânica e do Eletromagnetismo depende da trajetória.

Considerando que o módulo da força está relacionado à pressão exercida em uma

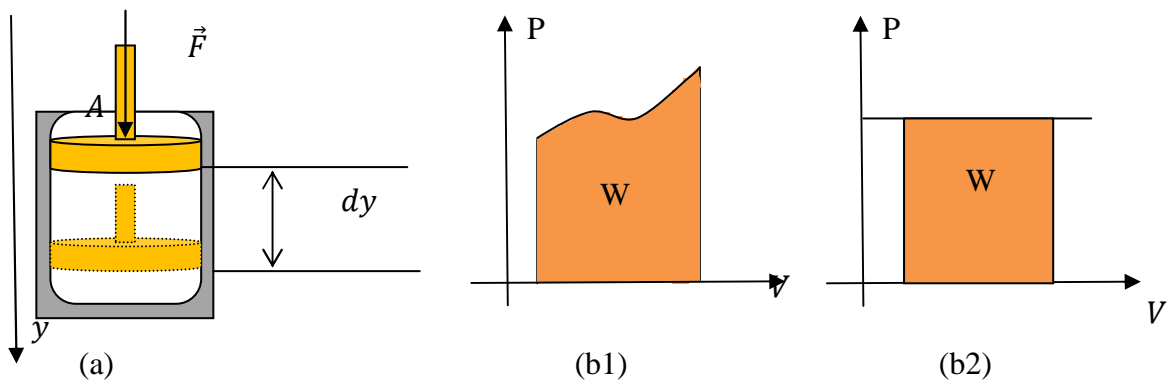
determinada área, vale a equação,

$$F = PA. \quad (1.22)$$

No caso de um trabalho sendo realizado sobre o sistema, Figura 1.8 (a), tem-se que, substituindo a eq. (1.22) na eq. (1.4), observando que a força e o deslocamento estão no mesmo sentido e direção, $\theta = 0^\circ$,

$$W = \int PAdy. \quad (1.23)$$

Figura 1.8– Desenho esquemático ilustrando (a) a ação de uma força em um processo termodinâmico, variando a posição da posição de dy , e comportamento gráfico da pressão (P) versus volume (V) quando a pressão for (b1) variável e (b2) constante, o trabalho é dado pela área abaixo da reta do gráfico.



Fonte: o autor e H. Mukai.

De acordo com a ilustração da Figura 1.8 (a), $Ady = dV$, a variação do volume, e a eq. (1.23) fica expresso como,

$$W = \int PdV. \quad (1.24)$$

Quando a pressão não for constante no volume, o trabalho é representado, por exemplo, pela área abaixo da curva apresentada na Figura 1.8 (b1) e normalmente é substituído, quando for o caso, por

$$P = \frac{nRT}{V}, \quad (1.25)$$

da lei dos gases ideais conhecida como equação de Clayperon, em que n é o número de moles do gás, $R = 8,314462 \text{ m}^3\text{Pa/Kmol}$, a constante dos gases ideais, T a temperatura em K e V o volume em m^3 .

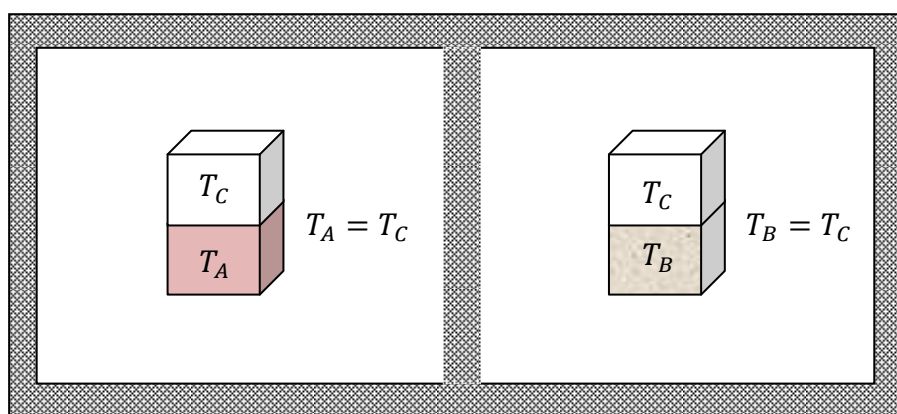
Quando a pressão for constante, na variação de um volume inicial até um volume final, a eq. (1.26) é dada pela expressão utilizada no ensino médio, referente ao esboço do gráfico apresentado na Figura 1.8 (b2), e o trabalho é dado pela área abaixo da reta por

$$W = P\Delta V. \quad (1.26)$$

Um dos princípios da termodinâmica, é que calor é a energia transferida do corpo (região) de maior temperatura para um corpo (região) de menor temperatura, de forma espontânea. Quando os corpos ficam a uma mesma temperatura a transferência de calor cessa e diz-se que os corpos estão em equilíbrio térmico. O conceito de temperatura está relacionado à Lei zero da termodinâmica, que em um sistema termicamente isolado (Figura 1.9) informa que (Halliday *et al.*, 2016):

Se um corpo A está em equilíbrio térmico com um corpo C, e um corpo B está em equilíbrio térmico com o corpo C, pode se afirmar que o corpo A e B estão em equilíbrio térmico.

Figura 1.9 – Representação esquemática da lei zero da termodinâmica. Três corpos A, B, e C, com temperaturas T_A , T_B e T_C , respectivamente, em contato térmico: A e C e B e C, em sistemas isolados termicamente.



Fonte: adaptada de Halliday *et al.* (2016).

Ao corpo C podemos relacionar a um termômetro, que é o instrumento utilizado para aferição da temperatura. A temperatura, por sua vez, está relacionada à energia cinética de rotação e translação das moléculas, aumentando ou diminuindo de acordo com a agitação térmica dos elementos que compõe o material.

A variação de calor entre um material e outro é representada pela equação³,

³ Pressão, temperatura, volume e energia interna são funções de estado, enquanto que calor e trabalho não, por isso a notação de um d cortado na diferencial, δ . Lembrando que uma função de estado é aquele que atinge o estado independente do que ocorre para atingir esse estado, dependendo somente do estado inicial e final, sendo um valor para cada estado.

$$\dot{d}Q = mc dT, \quad (1.27)$$

se um sólido ou um líquido. Sendo m a massa do material e c o calor específico que depende do material e dT a variação da temperatura.

Se um gás a variação de calor é obtida por meio das equações,

$$\dot{d}Q = nc_V dT, \quad (1.28 (a))$$

se o processo ocorre a volume constante, ou

$$\dot{d}Q = nc_P dT, \quad (1.28 (b))$$

se o processo ocorre a pressão constante. Em que, n é o número de moles do gás e, c_V e c_P o calor específico a volume e a pressão constante respectivamente. Há uma relação matemática entre essas duas grandezas físicas, para gases ideais, dada por,

$$c_P - c_V = R, \quad (1.29)$$

ou seja, essa subtração tem como resultado uma constante, a constante dos gases ideais.

Como calor é a transferência de energia entre duas temperaturas da maior para a menor de forma espontânea, a partir de 1948, sua unidade no SI é o Joule [J], no sistema gaussiano o *ergs*, mas comumente se utiliza a caloria [*cal*]. Define-se $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$ (valor exato). (HALLIDAY *et al.*, 2016). Historicamente a caloria vem do termo calórico, quando se pensava que o calor era um tipo de substância que fluía entre dois meios.

A caloria foi definida como a quantidade de calor necessária para elevar de $14,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a temperatura de 1 g de água. Já a quantidade de calor necessária para elevar de uma unidade a temperatura de 1 g de uma dada substância chama-se *calor específico* c dessa substância, e a unidade no sistema internacional (SI) $\text{J}/(\text{Kg } ^\circ\text{C}) = \text{J}/(\text{Kg K})$. No sistema gaussiano é dada por $\text{ergs}/(\text{g } ^\circ\text{C}) = \text{ergs}/(\text{g K})$.

Então, ao considerar um corpo de massa m gramas de uma substância pura de calor específico c , a quantidade de calor ΔQ necessária para elevar sua temperatura de ΔT é representada pela eq. (1.28) fica escrita na forma,

$$Q = mc\Delta T = C\Delta T. \quad (1.30)$$

Em que, $C = mc$ chama-se a *capacidade térmica* da amostra considerada, sendo medida em $\text{cal}/^\circ\text{C}$, ou J/K no SI. A capacidade térmica não é a quantidade de calor que o corpo pode

reter, mas sim a quantidade de calor necessária para elevar de uma unidade a temperatura de um corpo, independente do sistema de unidade.

Em um sistema formado de m_1 gramas de uma substância de calor específico c_1 , outra de massa m_2 calor específico c_2 , e assim por diante, tal que, a capacidade térmica total é dada pela adição da capacidade térmica de cada elemento que compõe a substância,

$$C = m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots \quad (1.31)$$

Nos casos em que a variação da temperatura, ou seja, o intervalo entre a temperatura inicial T_i e a temperatura final T_f , é tão grande a ponto que seja necessário considerar a variação do calor específico em função da temperatura, a eq. (1.29) fica escrita na forma,

$$\Delta Q = m \int_{T_i}^{T_f} c(T) dT \equiv m \bar{c} (T_f - T_i), \quad (1.32)$$

em que, \bar{c} é, por definição, o calor específico médio entre as temperaturas T_i e T_f . A saber, o calor específico de um determinado material pode ser determinado experimentalmente em função de sua temperatura utilizando um equipamento denominado de DSC (acrônimo de *Differential Scanning Calorimetry* ou Calorimetria Diferencial de Varredura) (GILL, MOGHADAM, RANJBAR, 2010).

Definido o trabalho e calor para um processo termodinâmico, pode-se escrever a seguinte equação

$$\delta Q - \delta W = dE_{int}, \quad (1.33(a))$$

conhecida como a primeira lei da termodinâmica, em que a energia interna é uma quantidade que depende apenas da temperatura. A equação (1.33(a)) também representa uma lei de conservação de energia. Para uma variação de estado finita, a equação (1.33(a)) é escrita na forma,

$$Q - W = \Delta E_{int}. \quad (1.33(b))$$

Os processos termodinâmicos podem ocorrer a volume constante, pressão constante e/ou temperatura constante, bem como sem ocorrer troca de calor, e será:

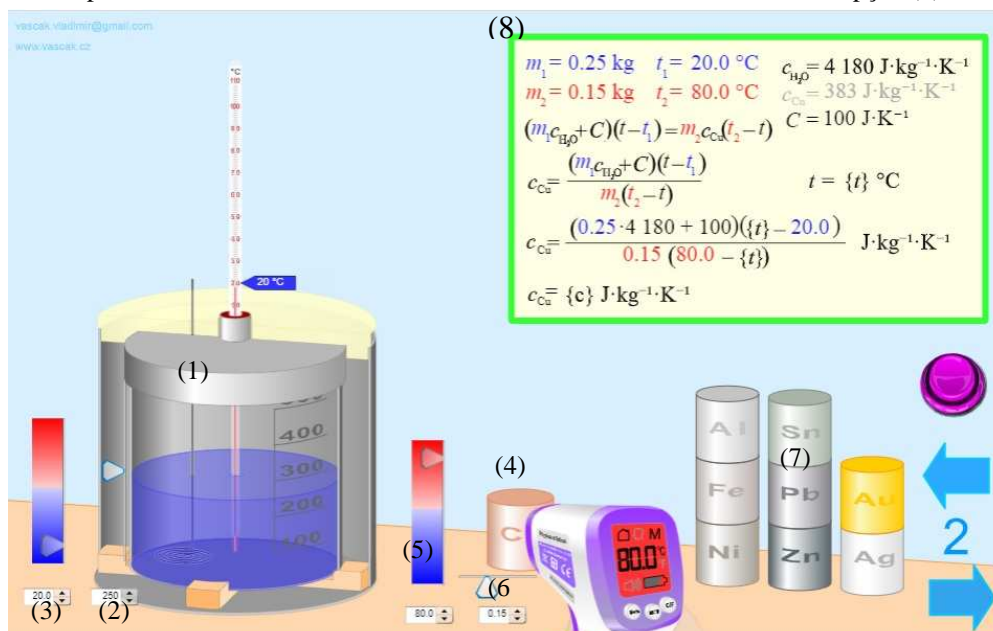
- Isovolumétrico, quando o volume permanece constante, $V_f = V_i$, nesse caso o trabalho é nulo, demonstrado pela equação (1.28(a)) em que $\Delta V = 0$. E a 1ª Lei da termodinâmica, eq. (1.33(b)), é expresso como, $Q = \Delta E_{int}$;

- Isobárico, quando a pressão permanece constante, o trabalho é dado pela eq. (1.26) $W = P\Delta V$, e a primeira lei fica como está expresso na equação (1.33(b));
- Isotérmico, quando a temperatura permanece constante, para gases, a variação de energia interna é nula, e a eq. (1.33(b)) é expresso como, $W = \Delta Q$;
- Adiabático, quando não há troca de calor entre os sistemas envolvidos, está termicamente isolado. Assim, $\Delta Q = 0$, e a eq. (1.33(b)) pode ser escrita como, $-W = \Delta E_{int}$.

A Figura 1.10 ilustra essa situação por meio do simulador “Calorímetro” em Física na Escola (*Physics at school*), disponibilizado por Vladimir Vascak, no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_kalorimetr&l=pt.

Na opção 2, a qual foi selecionada como descrito no canto inferior direito da Figura 1.10, a situação inicial apresenta-se um calorímetro (1), em que se pode variar a massa de água (2) e a temperatura inicial (3). Ao lado há um corpo metálico (4) em que se pode determinar a sua temperatura inicial (5) e sua massa (6). O material desse corpo pode ser trocado por outros tipos de materiais (7). Em (8) aparece os valores selecionados e a equação para se obter a capacidade térmica do calorímetro.

Figura 1.10 – Cópia de tela do simulador Física na Escola, Calorimetria. Selecionado a opção (2).



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=pt

Nessa situação, verifica-se que tanto a temperatura da água e do recipiente são

inferiores à temperatura T_A da amostra, no entanto, após atingir o equilíbrio térmico, o sistema (amostra, recipiente, água) atinge a temperatura T_f , indicada por um termômetro. Podendo ser observado esse processo no simulador ilustrado na Figura 1.10 ao clicar o botão lilás.

Nussenzveig (2002, Vol. 02), propõe que é possível obter o calor específico médio de um sólido. Para isso é considerado um recipiente de paredes adiabáticas e de capacidade térmica C , que contém uma determinada massa m de água, de calor específico $c = 4186 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$, onde foi mergulhada uma amostra A de massa m_A de uma substância de calor específico c_A , aquecida a uma temperatura T_A .

Dessa maneira, como as paredes adiabáticas do recipiente não permitem trocas de calor com exterior (chamado de Calorímetro, com capacidade térmica C), a quantidade de calor $\Delta Q = m_A c_A (T_A - T_f)$ que foi cedida pela amostra é inteiramente recebida pela água $[mc(T_f - T_i)]$ e pelo recipiente $[C(T_f - T_i)]$. Tem-se assim que na temperatura de equilíbrio térmico

$$Q_{cede} = Q_{recebe} \quad (1.34 \text{ (a)})$$

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i). \quad (1.34 \text{ (b)})$$

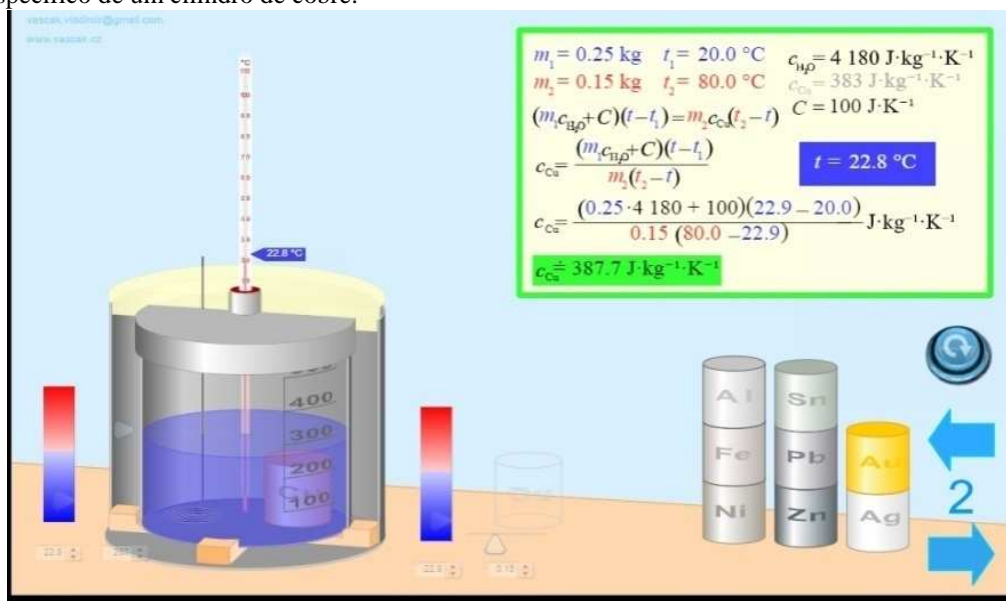
Assim, ao conhecer todos os demais termos da equação (1.34 (b)), é possível determinar o calor específico c_A médio, no intervalo entre T_f e T_A da amostra.

No caso do simulador apresentado na Figura 1.11, para determinado corpo de material de cobre, com massa de $0,15 \text{ Kg}$ e temperatura inicial $80,0^\circ\text{C}$, imerso em $0,25 \text{ Kg}$ de água a uma temperatura inicial de $20,0^\circ\text{C}$. A capacidade térmica⁴ do calorímetro como $\frac{100\text{J}}{\text{K}} = \frac{100\text{J}}{^\circ\text{C}}$, é obtida na parte 1, que será apresentada na seção 2.1.4 análoga à Figura 2.9.

A temperatura de equilíbrio em destaque no retângulo azul na Figura 2.11 foi de $22,8^\circ\text{C}$, os cálculos estão apresentados no quadro em verde, mas foi utilizada uma temperatura de equilíbrio de $22,9^\circ\text{C}$, resultando no calor específico do cobre em questão $387,7 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} = 387,7 \text{ J/KgK}$. Resultado esse que aparece após o sistema entrar em equilíbrio térmico e clicar no botão lilás que irá aparecer destacado em verde dentro do quadro em verde. Tem-se então o *princípio do calorímetro de misturas*.

⁴Lembrando que a capacidade térmica é o quanto de calor é necessário para elevar de 1 unidade a temperatura, portanto a unidade por de ser em K ou $^\circ\text{C}$. Mas, para representar no SI, expressou-se o resultado em K .

Figura 1.11 – Cópia de tela do simulador “Calorimetria” do simulador Física na Escola. Apresenta-se a obtenção do calor específico de um cilindro de cobre.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=pt

Nesse exemplo, considerou-se uma amostra com uma temperatura mais elevada que cedeu calor para a água e calorímetro. Por outro lado, como apresentado até o momento, é notório que a energia obtém formas diversas ao longo de suas transformações, daquelas aqui já discutidas, pelos conceitos de Mecânica, Eletromagnetismo, e da Termologia/Termodinâmica.

Desta forma, é relevante descrever um pouco mais sobre a principal forma de energia empregada no mundo moderno, a *Energia Elétrica*. Apresenta-se, a seguir, a sua dissipação por meio do denominado efeito Joule.

1.2.5 Efeito Joule

Segundo Paul G. Hewitt (2009), de forma análoga a um condutor de calor, onde transita a energia térmica em seu interior devido à existência de diferentes temperaturas entre as suas extremidades, em qualquer material que possua partículas carregadas (cargas) livres, essas, facilmente podem transitar através do mesmo, quando as extremidades desses elementos são submetidas a potenciais elétricos diferentes. Esse fluxo ordenado das partículas carregadas (cargas) é chamado de *Corrente Elétrica*.

Nussenzveig (1997, Vol. 03) relata que ao se ligar um fio metálico nas placas de um capacitor carregado, não pode existir o equilíbrio eletrostático, uma vez que as extremidades

do fio condutor estão com potenciais diferentes, assim, a corrente elétrica passa através do fio quando a conexão é feita, o que é na verdade o movimento de elétrons livres se deslocando da placa negativa para a positiva através do fio. No entanto, devido às razões históricas, por convenção, o sentido da corrente empregado é aquele que corresponde ao deslocamento de cargas positivas, ou seja, o sentido oposto ao movimento dos elétrons.

A quantidade de carga que atravessa uma secção transversal por unidade de tempo em um fio condutor a cada instante define a intensidade i da corrente elétrica, que pode ser determinada pela equação (1.35),

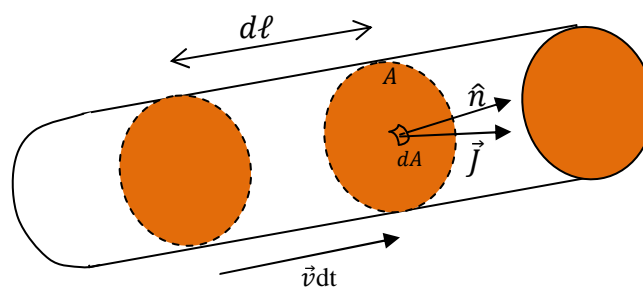
$$i = \frac{dq}{dt}, \quad (1.35)$$

em que a unidade de corrente no SI é o *Ampère* (A). Para uma corrente de I A , passam pela secção transversal do fio a cada segundo, para uma carga de 1 C , aproximadamente $6,2 \times 10^{18}$ elétrons.

Além de considerar a secção transversal, o mesmo autor menciona que se pode usar uma secção oblíqua de orientação qualquer, que em particular é um elemento de área dA , cujo versor da normal \hat{n} define essa orientação, Figura 1.12. Se a variação de corrente di que o atravessa não for constante, passa a ser considerada como o *fluxo* de corrente \vec{J} através de dA ,

$$di = \vec{J} \cdot \hat{n} dA. \quad (1.36)$$

Figura 1.12 – Desenho esquemático indicando o vetor densidade de corrente \vec{J} , que normalmente é paralelo ou antiparalelo ao elemento de área dA e \hat{n} normal a seção de área. E \vec{v} a velocidade dos portadores de carga que passam em um intervalo $d\ell$.



Fonte: adaptada de Martins (1973).

Desta maneira, considerando que os portadores de carga⁵ sejam todos do mesmo tipo e que se desloquem à mesma velocidade \vec{v} , a carga total que atravessará o elemento de área dA durante um intervalo de tempo dt será a carga contida num cilindro de base dA , e geratrizes $\vec{v}dt$ (Fig.1.10), cujo volume será representado pela equação

$$dV = (\vec{v}dt) \cdot (dA \hat{n}). \quad (1.37)$$

Sendo a carga total contida em dV é dada por $dq = \rho dV$, e sabendo-se que ρ é a densidade volumétrica de carga associada aos portadores, tem-se que a eq. (1.35) para uma quantidade de corrente di ,

$$di = \frac{(\rho dV)}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = (\rho \vec{v}) \cdot (dA \hat{n}). \quad (1.38)$$

Assim, ao comparar a equação (1.36) com a equação (1.38), tem-se que

$$\vec{J} = \rho \vec{v}. \quad (1.39)$$

Portanto, se a carga dos portadores é q e a densidade de portadores (número de portadores por unidade de volume) é N , tem se

$$\rho = Nq,$$

e a equação (1.39) torna-se

$$\vec{J} = Nq \vec{v}. \quad (1.40)$$

Para generalizar a equação (1.40) a uma situação em que venham a existir N_i diferentes grupos de portadores de corrente com carga q_i , movendo-se com velocidades diferentes, \vec{v}_i por unidade de volume ($i = 1, 2, \dots$), tem-se que o resultado é a soma dos elementos da eq. (1.40) se estendendo a todos os grupos de portadores de cargas,

$$\vec{J} = \sum_i N_i q_i \vec{v}_i. \quad (1.41)$$

⁵Conforme citado por Nussenzveig (2008), os portadores de corrente podem ser de vários tipos, sendo dependentes da natureza do meio que a corrente passa, ou seja, em um metal, são os elétrons, em uma lâmpada fluorescente (tubo de descarga gasosa) são tanto elétrons como íons positivos do gás, deslocando-se em sentidos opostos sob a ação do campo de descarga e num eletrólito, como uma solução de HCl em água, os portadores são os íons positivos H^+ negativos Cl^- .

Como já apresentado anteriormente, ao aplicar uma diferença de potencial nas extremidades de um condutor, faz surgir o movimento dos portadores de cargas, o que é na verdade a corrente elétrica. No entanto, ao aplicar a mesma diferença de potencial nas extremidades de um fio de cobre e na de ouro, tendo elas as mesmas dimensões, os resultados serão diferentes. Isso se dá devido a uma característica do material, nomeada de *resistência elétrica*, medida ao se aplicar entre dois pontos de um condutor, uma diferença de potencial U e medir a corrente i resultante. A resistência R obtida por meio da Lei de Ohm,

$$U = Ri \Rightarrow R = \frac{U}{i}. \quad (1.42)$$

De acordo com a equação (1.42), a unidade de resistência elétrica no SI é a razão Volt (V) por Ampère (A), cuja combinação é utilizada uma unidade especial, o Ohm (Ω), assim:

$$1 \text{ Ohm} = 1\Omega = 1 \text{ Volt por Ampère} = 1V/A.$$

Conforme citado em Nussenzveig (1997, Vol. 03) a corrente é a resposta das partículas carregadas em um meio material, devido às forças a elas aplicadas, que geralmente está associada a um campo elétrico. Essa resposta, que na verdade é a relação entre a corrente elétrica e o campo elétrico, depende da natureza do meio material.

Assim, a densidade de corrente para uma grande variedade de materiais *isotrópicos* líquidos e sólidos pode ser obtida utilizando a relação dada pela *lei de Ohm* em termos da resistividade, $\rho(T)$, que depende da temperatura (NUSSENZVEIG, 2008), em que,

$$R = \frac{\rho(T)L}{A}, \quad (1.43)$$

sendo L o comprimento do fio de unidade de comprimento $d\ell$ (indicada na Figura 1.12).

Reescrevendo a eq. (1.42) isolando o termo de corrente, $i = \frac{U}{R}$, e substituindo na equação

$$(1.43), i = \frac{UA}{\rho(T)L},$$

$$\frac{i}{A} = \frac{U}{\rho(T)L}.$$

Como $\frac{i}{A} = J$, e $\frac{U}{L} = E$, então, $J = \frac{1}{\rho(T)}E$, representada em termos da condutividade do material,

$$J = \sigma(T)E,$$

de uma forma geral,

$$\vec{j} = \sigma(T)\vec{E}. \quad (1.44)$$

Na eq. (1.44), \vec{j} é a densidade de corrente, \vec{E} o campo elétrico, e a constante $\sigma(T)$, característica do material, chama-se *condutividade* elétrica do material que depende da temperatura T, cuja unidade é Siemens (S) por metro (m), (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 – Condutividade elétrica (σ) de alguns materiais à temperatura de 20°C.

Material	$\sigma\left(\frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega m}\right)$
Cobre	$6,17 \cdot 10^7$
Alumínio	$3,42 \cdot 10^7$
Ouro	$4,35 \cdot 10^7$

Material	$\sigma\left(\frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega m}\right)$
Estanho	$0,86 \cdot 10^7$
Água do mar	5
Areia	0,002

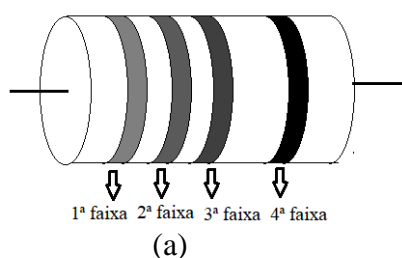
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Condutividade_el%C3%A9trica e Martins (1973).

É importante ressaltar que, além do próprio fio, os resistores são elementos em um circuito elétrico que oferecem resistência à passagem de corrente elétrica, e dissipam a energia, em forma de energia térmica, por meio do efeito Joule.

Segundo Kleber D. Machado (2002, p. 109) são usados dois tipos de resistores ôhmicos, sendo um resistor de fio, que são formados por um fio metálico enrolado sobre uma superfície cilíndrica de material isolante, e outro, o resistor de carvão, que possui em seu suporte isolante uma fina camada de carvão e nos dois extremos são fixados terminais metálicos.

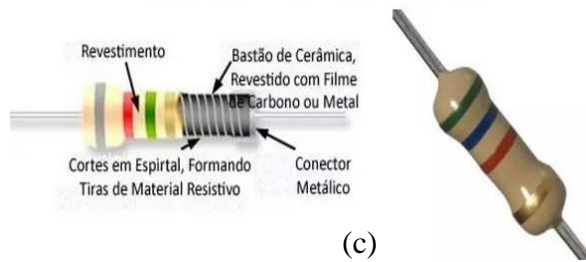
Esses resistores são classificados de acordo com um código de cores, anotadas na sua superfície cilíndrica, geralmente são compostas por quatro faixas coloridas que indicam o valor da resistência elétrica, representadas nas imagens da Figura 1.13. As duas primeiras faixas correspondem a dois dígitos numéricos, a terceira corresponde ao valor do expoente da potência de 10 e a quarta faixa é a tolerância ou faixa de erro, em forma percentual.

Figura 1.13- (a) Desenho esquemático de um resistor de carvão com suas respectivas faixas de cores que indicam o valor de sua resistência. Imagem fotográfica da composição de um resistor (b) a carvão e (c) de cerâmica, com as faixas de cores.



(b)





(c)

Fonte: (a) o autor. (b) e (c) <https://www.mundodaeletrica.com.br/resistores-fixos/>

Os valores das cores das três primeiras faixas estão apresentados na Tabela 1.2 (a) e das cores referente a quarta faixa a tolerância, na Tabela 1.2 (b).

Tabela 1.2 - Tabela demonstrando o código de cores para: (a) as três primeiras faixas dos resistores de carvão. (b) a tolerância dos resistores de carvão.

Cor	Valor	Fator mult.
Verde	5	10^5
Azul	6	10^6
Violeta	7	
Cinza	8	
Branco	9	
Amarelo	4	

(a)

Cor	Valor	Fator mult.
Ouro	-1	
Prata	-2	
Preto	0	1
Marrom	1	10
Vermelho	2	100
Laranja	3	1000
Amarelo	4	10^4

Cor	valor
Ouro	$\pm 5\%$
Prata	$\pm 10\%$
Sem cor	$\pm 20\%$

(b)

Fonte: Machado (2002).

Por exemplo, a leitura da resistência do valor utilizando a Tabela 1.2 (a) e (b) nos exemplos dos resistores à direita da Figura 1.13: (b) $R = (3 \text{ k}\Omega \pm 5\%)$ e (c) $R = (5,6 \text{ k}\Omega \pm 5\%)$. Podendo ser verificado de forma remota no site: <https://br.mouser.com/technical-resources/conversion-calculators/resistor-color-code-calculator>.

Segundo Moysés Nussenzveig (1997, Vol. 03), para que uma carga dq seja transportada de um para outro eletrodo (polo) de uma bateria, por exemplo, devido a uma diferença de potencial U , é preciso fornecer energia para dq . Assim, para manter uma corrente $i = dq/dt$ durante um tempo dt através de U , é preciso fornecer uma energia, dada pela eq. (1.21), $dW = (idt)U$, o que na verdade corresponde energia por unidade de tempo, ou seja, a *potência*, que pode ser representada pela equação,

$$\frac{dW}{dt} \equiv P = iU. \quad (1.44)$$

Assim, para $i = 1A$ e $U = 1V$, tem-se $P = 1W$ (Watt), como também, para uma corrente num trecho $d\ell$, de uma secção S , de um fio condutor, no qual a queda de potencial é dU . O referido autor afirma que

$$dP = i \frac{dU}{dl} d\ell = id\ell E = J S d\ell E = J E dV,$$

em que $dV = Sd\ell$ é o elemento de volume do fio condutor considerado, e \vec{J} é paralelo a \vec{E} , dessa forma a potência por unidade de volume, chamada de *densidade de potência*, é dada pela equação,

$$\frac{dP}{dV} = J E . \quad (1.45)$$

Dessa forma, para um condutor que tem uma resistência constante independentemente do valor da diferença de potencial que é aplicada sobre ele, ou seja, para um condutor ôhmico, considerando a eq. (1.43), $J = \sigma E$, tem-se a densidade de potência representada pela equação,

$$\frac{dP}{dV} = \sigma E^2 = \frac{J^2}{\sigma} . \quad (1.46)$$

É importante ressaltar que o mesmo autor ainda descreve o que acontece com essa potência em outros processos onde existem forças dissipativas. Essa potência é dissipada em forma de calor, como ocorre em um chuveiro elétrico, ou pode produzir radiação térmica visível, como no aquecimento ao rubro da “resistência” de um aquecedor, ou de um fogão elétrico.

Assim, em termos de resistência elétrica R , a potência de um condutor, eq. (1.44), usando a lei de Ohm, eq. (1.42), pode ser escrita na forma:

$$P = i^2 R = \frac{U^2}{R} . \quad (1.47)$$

Toda vez que a potência envolve uma resistência, ela é considerada uma potência dissipada. Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como *efeito Joule*, que foi descoberta por James Prescott Joule (1818-1889) no decorrer de suas experiências sobre o equivalente mecânico da caloria.

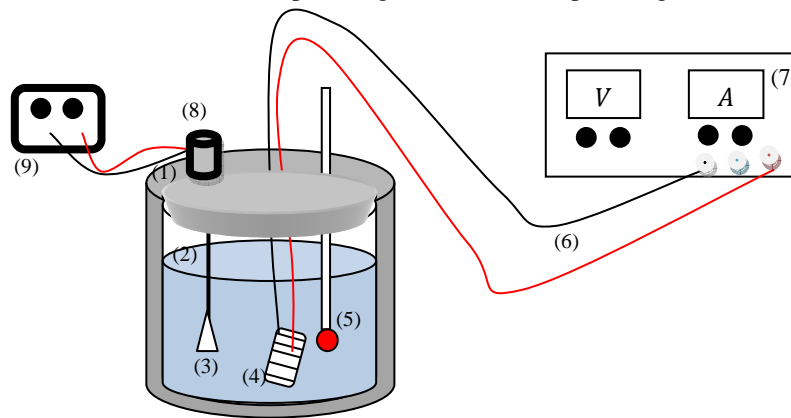
1.2.5.1 Calorimetria - Aplicação do Efeito Joule

No experimento de calorimetria, podemos obter a capacidade térmica do calorímetro, análoga à forma apresentada na equação (1.34(b)), mas agora utilizando um resistor elétrico para aquecer a água. Partindo da equação (1.34(a)),

$$Q_{cede} = Q_{recebe}, \quad (1.48)$$

no caso, o calor será dissipado pelo resistor elétrico por meio do efeito Joule, representado pela equação (1.47), e quem recebe calor será a água e o calorímetro (Figura 1.14).

Figura 1.14 – Desenho esquemático de parte da montagem experimental envolvendo um (1) calorímetro, (2) líquido, no caso a água, (3) agitador, (4) resistor elétrico, (5) Termômetro, (6) fios de conexão do resistor elétrico para uma fonte de tensão (7), (8) motor para o agitador; (9) Fonte para o agitador 12 V.



Fonte: cedido por H. Mukai.

Portanto, como a dissipação de calor é proporcionada pelo resistor elétrico, da definição de potência como trabalho por unidade de tempo, e de que trabalho é uma forma de energia no caso o calor que se dissipa, dada pela equação (1.47),

$$Q_{cede} = P\Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t \quad (1.48(a))$$

Calor de quem recebe: a água $Q_{\text{água}}$, e o calorímetro Q_{cal} ,

$$Q_{recebe} = m_{\text{água}}c_{\text{água}}\Delta T + C_{\text{calorímetro}}\Delta T. \quad (1.48(b))$$

De forma que a equação (1.48) fica escrita na forma,

$$\frac{U^2}{R} \Delta t = m_{\text{água}}c_{\text{água}}\Delta T + C_{\text{calorímetro}}\Delta T \Rightarrow C_{\text{calorímetro}} = \frac{U^2}{R} \frac{\Delta t}{\Delta T} - m_{\text{água}}c_{\text{água}}$$

ou, considerando $k = \Delta T/\Delta t$, o coeficiente angular do gráfico T versus t,

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{Rk} - m_{\text{água}}c_{\text{água}}. \quad (1.49)$$

Conhecida a capacidade térmica do calorímetro, caso queira determinar o calor específico de algum líquido, basta trocar a água pelo líquido, repetir o procedimento experimental, e utilizar a equação (1.49) isolando o termo do calor específico, como está descrito na referência Mukai e Fernandes (2018).

A diferença em utilizar a equação (1.34(b)) ou (1.49) é a forma de obter os dados experimentais, na primeira há a necessidade de ter dois calorímetros, sendo um o com o líquido à temperatura ambiente e o outro com o líquido a uma determinada temperatura superior à ambiente, obtida por meio do aparato “bicicleta dinâmica”, para então ir misturando aos poucos no calorímetro usado para o aquecimento e esperar entrar em equilíbrio térmico para ter a temperatura final. Na segunda equação, o líquido é aquecido no calorímetro de forma contínua por meio da utilização do aparato “bicicleta dinâmica”, em que a homogeneização da temperatura sendo feita pelo agitador, vai se registrando o tempo de aquecimento a cada 2 graus, podendo nesse segundo caso trabalhar com gráficos em aula. A forma de transformar energia elétrica em térmica é a mesma.

1.2.6 Energia e Lei da Indução Eletromagnética

Segundo Paul G. Hewitt (2009, p. 235), as cargas que se movem em um condutor formam uma corrente que realizam trabalho, assim a taxa com a qual o trabalho é realizado, ou seja, a taxa segundo a qual energia elétrica é convertida em outra forma de energia, e é denominada de potência elétrica, já citada anteriormente.

Nesse contexto, a potência elétrica é expressa pela equação (1.44) ou (1.47). Essa relação é importante quando se deseja saber a quantidade de energia elétrica, $E_{\text{elétrica}}$, usualmente expressa em quilowatt-hora (kWh) e equivale à energia convertida durante uma hora a uma taxa de 1 quilowatt. A respectiva unidade representa a seguinte relação,

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow W = P\Delta t = E_{\text{elétrica}}. \quad (1.50)$$

$$1kWh = (1kWh)(1h) = (10^3W)(3600s) = 3,6 \times 10^6J.$$

A energia elétrica pode ser obtida de diversas formas, e uma delas é por meio de uma usina hidroelétrica a fio d’água, como a existente a 1,5 km da instituição de ensino onde o PE

desse trabalho foi aplicado. Fato esse que influenciou diretamente na escolha do tema, pois sempre se pensou que o assunto a ser abordado deveria se correlacionar com algo relevante do cotidiano dos alunos. Essa usina é a Usina Hidrelétrica de Rosana, situada no estado de SP, divisa com o estado do PR. Sua construção iniciou em julho de 1980 e em 1987 a sua primeira geração com 80 MW. A usina utiliza as águas do Rio Paranapanema, vindas do Rio Paraná.

Seu nível máximo operacional é de 258 m acima do nível do mar, enquanto que seu nível mínimo operacional é de 256 m acima do nível do mar, alagando uma área de até 220 km e gerando energia por meio de quatro turbinas do tipo Kaplan, que a partir de um desnível de 17 m geram até 372 MW. (Wikipedia, 2020)

Essa usina é administrada pela empresa estrangeira “Duke Energy”.

Uma usina a fio d’água (Figura 1.15 (a)) não possui uma barragem com alto desnível como a de Itaipu (Figura 1.15 (b)), ou quando as possui são pequenos quando comparados com as que possuem para seu funcionamento. Normalmente, utilizam a vazão provinda do próprio rio, auxiliados das usinas que utilizam grandes reservatórios situados em pontos mais altos.

Figura 1.15 – Imagem fotográfica das usinas de (a) de Rosana-SP duas vistas diferentes, e (b) a de Itaipu - Foz do Iguaçu –PR.



(a)



(b)

Fontes: (a) <http://www.dttcolagricola.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=92> (b) https://pt.wikipedia.org/wiki/Usina_Hidrel%C3%A9trica_de_Itaipu#/media/Ficheiro:Itaipu_geral.jpg

Mas, como ocorre a conversão da energia fornecida pela água em energia elétrica? Esse processo envolve a transformação de energia cinética, e após a água atingir as turbinas, essa está conectada aos denominados de gerador em sua última etapa, e o funcionamento de um gerador utiliza a lei de indução de Faraday.

Essa é uma lei que surgiu das observações experimentais realizadas por Michel Faraday, quando ele aproximava um ímã de uma bobina detectava-se nela uma corrente elétrica. Pesquisa essa com início no ano de 1821, após o experimento de Oersted, de que um campo elétrico gera um campo magnético, e somente no ano de 1831 ele observou que uma corrente elétrica gerada em uma espira, induzia uma corrente elétrica em outra espira.

Ao movimentar o ímã em um processo de vai e vem, gera-se um fluxo de campo magnético que gera uma força eletromotriz de intensidade ε . Em 1833 o físico estoniano Heinrich Lenz percebeu que o fluxo (ϕ_M) se inverte dependendo do sentido do movimento do ímã, e sugeriu um sinal negativo na equação da força eletromotriz

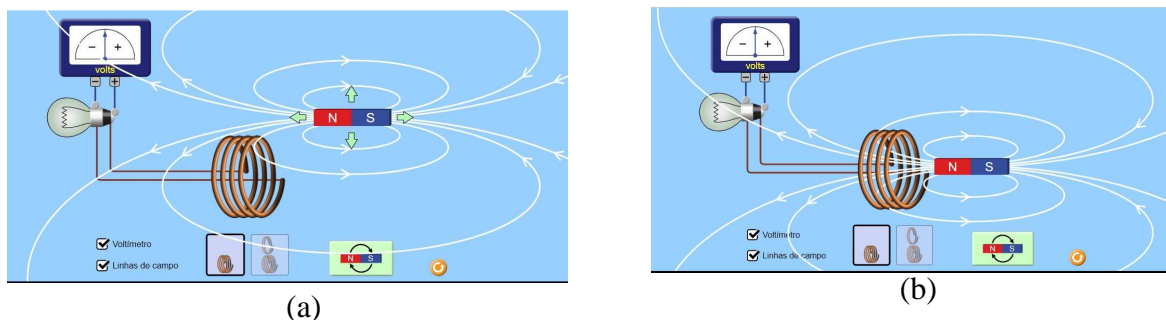
$$\varepsilon = -\frac{d\phi_M}{dt}, \quad (1.51)$$

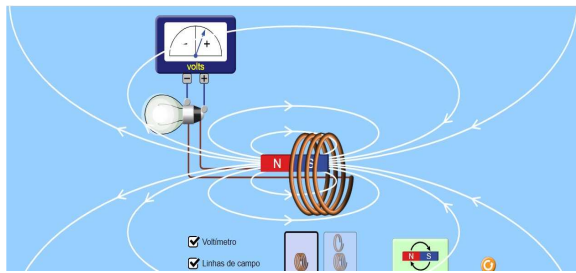
passando a se chamar de Lei de Faraday-Lenz, sendo uma das quatro das equações de Maxwell e foi quem o escreveu em forma matemática da seguinte forma

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \quad (1.52)$$

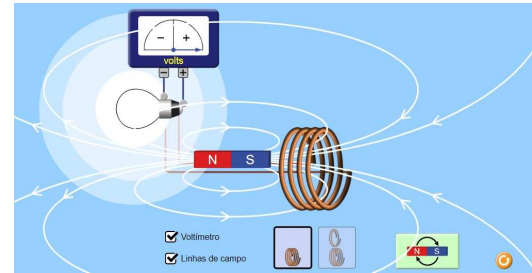
Para mostrar o efeito de forma ilustrativa é interessante utilizar o simulador do PhET, Lei de Faraday, https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.htm, (Figura 1.16).

Figura 1.16– Cópia de tela do simulador Lei de Faraday do PhET/Colorado, apresentando o efeito da Lei de indução de Faraday. (a) página inicial incluindo o “Voltímetro” e as linhas de campo; (b) posicionando o ímã junto a bobina; (c1) e (c2) momentos diferentes da geração de corrente pela variação do campo magnético (ímã em posição diferente), em (c2) intensidade máxima, e em (d) que a intensidade máxima depende do número de espiras.

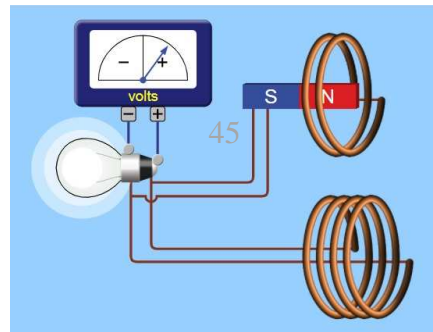




(c1)



(c2)



(d)

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.htm

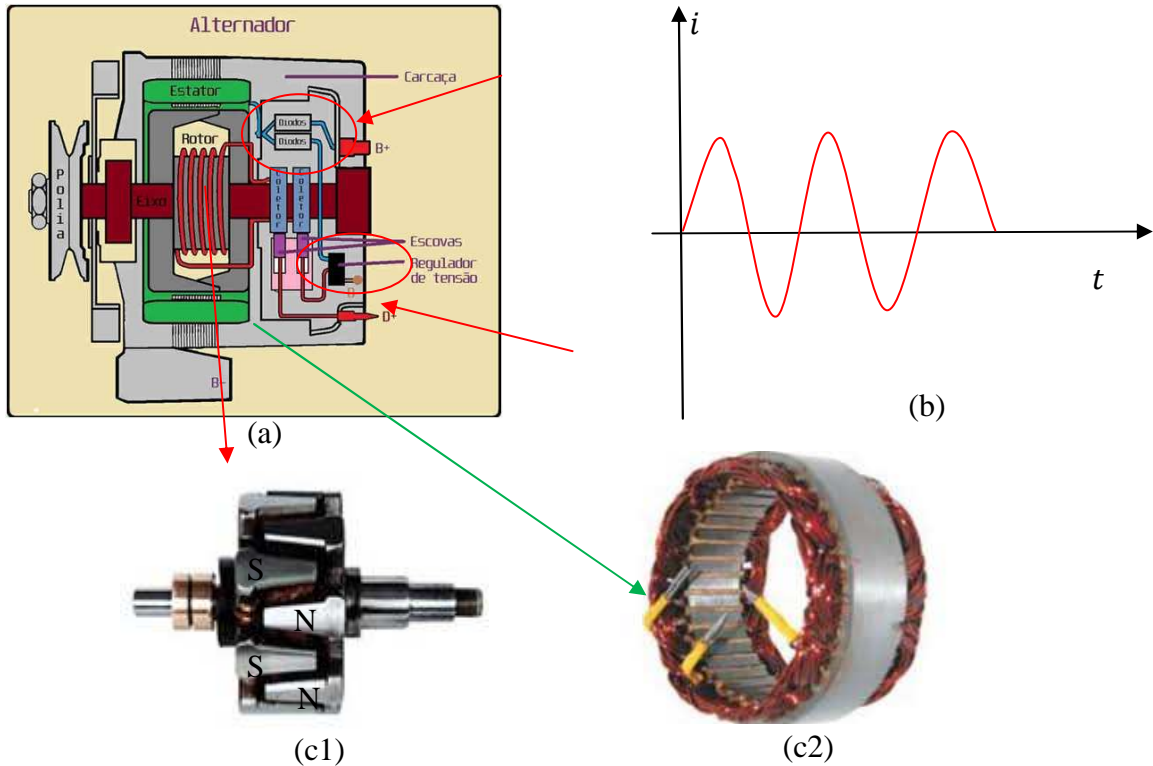
Em (a) ao marcar os itens aparecem às linhas de campo e o “voltímetro” na parte superior à esquerda, e em (b) ao colocar o imã no centro da bobina e estiver parado, não gera corrente, a lâmpada está apagada. Movendo o imã em movimento de vai e vem dentro da bobina (espira), ela acende e a intensidade varia (podendo ser verificada a tensão no “voltímetro) dependendo da posição do imã em relação à bobina, como ilustrados em (c1) e (c2), e em (d) ilustra-se que quanto menos espiras têm a bobina, menor a intensidade da luz. Ao movimentar o imã, observa-se que quando o fluxo do campo magnético é “maior” (mais linhas dentro da espira), maior a tensão gerada e maior a luminosidade na lâmpada. A indução de corrente somente ocorre enquanto se movimenta o imã para dentro e fora da espira.

O alternador automotivo (Figura 1.17(a)) também usa o princípio da indução eletromagnética, a corrente elétrica ao passar pelo rotor (Figura 1.17(c1)), que é composto por uma bobina de excitação em seu centro, e por cima os polos magnéticos tipo garra (N e S), gera o campo magnético. Essa bobina também é chamada de enrolamento indutor, que irá movimentar as cargas no estator (Figura 1.17 (c2)), que possui bobinas chamadas de induzido.

O efeito de repulsão e atração dessas cargas funciona como imã, gerando uma corrente/tensão que não é constante, pois se repete a cada ciclo (cada 360°), portanto, alternada. Esse tipo de tensão é a do tipo que chega pelas tomadas de nossas residências com

uma frequência de 60 Hz. Na Figura 1.17 (b) mostra-se o esboço de um gráfico de corrente alternada.

Figura 1.17 – (a) Desenho esquemático de um alternador automotivo. (b) Esboço de um gráfico de corrente alternada. Em destaque imagens fotográficas (c1) o rotor que vai na parte interna do estator (c2).



Fonte: (a) <https://www.hardwarecentral.net/single-post/o-alternador-automotivo> e (b) o autor. (c) imagens da internet.

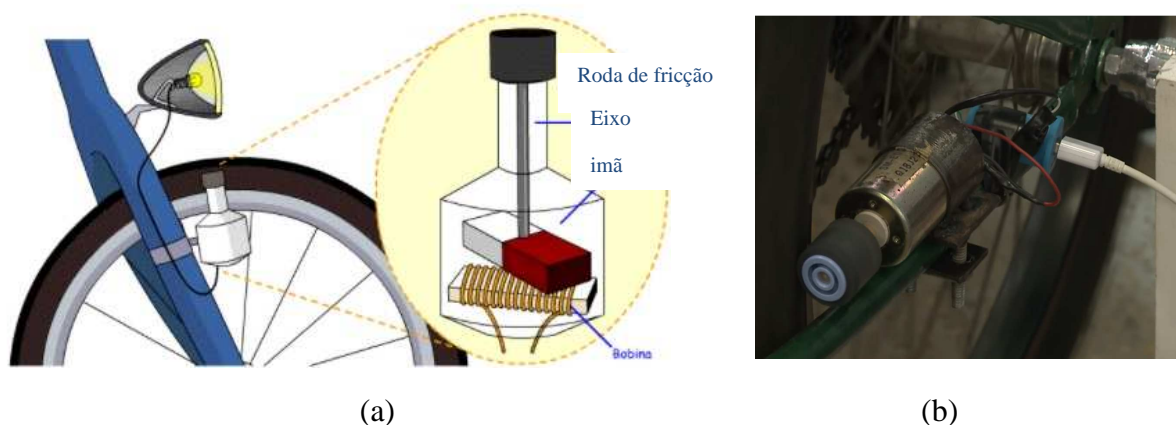
Após a “geração” de tensão alternada, os diodos (circulados e indicado com a seta em vermelho na Figura 1.17 (a)) convertem em tensão contínua para alimentar de forma constante a bateria. Essa deve gerar uma tensão maior que 12 V, no geral para veículos denominados de passeio a tensão é de 14,8 V para não danificar a bateria, para isso tem além dos diodos um regulador de tensão (indicado na Figura 1.17(a)), pois um veículo não se movimenta com uma velocidade constante. (RITTER, 2020).

Enquanto o alternador é um gerador unipolar, gera inicialmente corrente alternada, necessitando de diodos retificadores para transformar em corrente contínua, o dínamo gera corrente contínua.

O dínamo consiste de um ímã fixo a um eixo móvel, a sua volta ou abaixo há uma bobina. Quando o ímã gira e na bobina provoca uma variação no campo magnético do ímã, o que induz uma corrente elétrica nas espiras da bobina, criando assim uma ddp entre os pontos

de contato. Na Figura 1.18 (a) indica a cópia de uma imagem de uma animação (*gif*) do processo desse funcionamento de um dínamo acendendo a lâmpada do farol da bicicleta.

Figura 1.18 – Cópia de tela de uma: (a) imagem animada (*gif*) do funcionamento de um dínamo acoplado ao pneu de uma bicicleta, gerando energia elétrica indicada pela luz do farol; (b) do “alternador” usado por alunos da UnB (Universidade de Brasília).



Fonte: (a) http://3.bp.blogspot.com/Chu5ZDE7q3w/VFpmh1CntoI/AAAAAAAAeLE/Y474_B3y9WY/s1600/AR34dinamo.gif apud (b) <https://ritavalerio.wixsite.com/produto-mnpef-rita/3--momento>, <https://www.youtube.com/watch?v=mwaxwj38rhw>

A escolha em utilizar de um tipo de alternador⁶ ao invés do dínamo comum acoplado a uma bicicleta é exemplificada na Figura 1.18(b). Um protótipo foi feito pela empresa júnior de Energia Elétrica da UnB, a Enetec, em que enquanto se pedala, por meio de uma saída USB⁶ “carrega” a bateria do celular, ao mesmo tempo em que se participa de um jogo de realidade virtual via um microcontrolador acoplado a um *notebook*. Esse foi o protótipo citado na introdução desta dissertação. Segundo a reportagem <https://www.youtube.com/watch?v=mwaxwj38rhw> é gerada uma tensão de 24 V e que somente 5 V são utilizados no carregamento do celular.

Para o aparato experimental do presente trabalho, a escolha em utilizar um alternador automotivo foi por vários motivos descritos na seção 1.2.7., a seguir.

1.2.7 Relato da escolha do uso de um alternador automotivo

A escolha dos componentes que iriam fazer parte do aparato experimental foi algo

⁶Supõem-se pela descrição dada no painel apresentado no vídeo. USB (acrônimo de *Universal Serial Bus*).

complicado de se realizar, dessa forma, não poderia ser diferente com o alternador automotivo, pois, nesse momento, existiu a possibilidade de escolher entre dois equipamentos capazes de converter energia mecânica em energia elétrica, o dínamo ou o alternador.

Sendo um dos objetivos do presente trabalho a otimização da funcionalidade do aparato experimental, para tanto, verificou-se o seu princípio primário, o ato de pedalar para “gerar” eletricidade. Dessa forma, partindo da ideia em que alguém iria fazer parte desse processo de conversão de energia, e que a mesma, obviamente não teria a capacidade de manter uma frequência constante ao pedalar, como também, tal frequência não seria algo muito elevado, a escolha do “gerador” deveria considerar tais características.

Foi necessária assim, a exploração das especificidades de cada opção, pois ambos utilizam do princípio da indução eletromagnética, o presente trabalho buscou as principais características do dínamo e do alternador, possibilitando uma escolha técnica de um desses equipamentos.

Como já descrito na seção 1.2.8 de forma resumida, podemos dizer que o alternador nada mais é que um equipamento que por meio da indução eletromagnética é capaz de converter energia cinética em energia elétrica, formado por uma ou mais bobinas e um ímã ou eletroímã, sendo constituído por uma parte móvel, o rotor, e outra fixa, o estator. Já o dínamo, define-se por um equipamento que consiste basicamente em um ímã fixo em um eixo móvel, e que ao redor desse eixo há um fio extenso enrolado em espiras e feito de material condutor (uma bobina), sem que haja o contato físico entre essas duas partes.

Alves e Lourenço (2009) relatam que basicamente só os veículos mais antigos utilizavam o dínamo para gerar corrente contínua, e que, devido à sua ineficácia quando o veículo se encontrava em marcha lenta, foi substituído pelo alternador, que gera potência de carga mais elevadas mesmo em rotações mais baixas.

Realizada uma breve caracterização desses dois tipos de geradores, é importante ressaltar as vantagens ou as desvantagens, um em relação ao outro, para então certificar-se da melhor escolha para nosso aparato experimental. Em Alves e Lourenço (2009) é possível verificar que o alternador consegue converter energia com uma rotação essencialmente mais baixa, como também os mesmos autores, na página subsequente, discutem algumas vantagens do uso do alternador em relação ao dínamo. De acordo com Alves e Lourenço (2009),

“A produção de energia eléctrica utilizando o alternador, particularmente do segundo

tipo, ao invés do dínamo, traz diversas vantagens:

- O alternador tem menor manutenção. No dínamo, a passagem da corrente elevada dos segmentos do colectador para as escovas provoca o aparecimento de arcos eléctricos, provocando um rápido desgaste do colectador e das escovas.
- O alternador tem melhor arrefecimento que o dínamo. Quanto maior a corrente numa bobina, maior o seu aquecimento. Se a bobina induzida for no estator (exterior), é mais fácil de refrigerar do que se for no rotor (interior). Quando menores as perdas, melhor o rendimento.
- Para a mesma potência eléctrica gerada, o dínamo é muito volumoso e pesado. Enquanto um alternador de automóvel pesa cerca de 4kg, um dínamo para a mesma potência pesa de 8 a 10kg.
- O alternador tem melhor rendimento que o dínamo.
- O alternador tem uma construção mais simples.

No caso particular do sistema de carga dos automóveis com motores de combustão, as vantagens do alternador face ao dínamo são ainda maiores:

- O dínamo atinge a sua tensão nominal a um número de rotações superior ao alternador. Enquanto o alternador atinge a sua tensão nominal a partir das 400/600 rpm, o dínamo dificilmente a atingirá abaixo das 1300 rpm. Deste facto resulta que quando o motor está a rodar ao *ralenti*, o alternador já está a alimentar todos os circuitos, o que não acontece com o dínamo.” (ALVES e LOURENÇO, 2009, p.9).

De acordo com as especificidades do dínamo e do alternador e das principais características de utilização, principalmente o intervalo de rotações que cada “gerador” trabalha para converter energia de forma eficiente, se faz jus que o presente trabalho adote em sua estrutura metálica do aparato experimental o alternador automotivo, levando em consideração as singularidades do presente trabalho.

Além das energias vistas até o momento que foram a mecânica (constituída de cinética e potencial), térmica e a eléctrica (associada ao movimento de cargas eléctricas em um campo eléctrico), há outros tipos de energia, como a luminosa, que é a luz em forma de energia provinda da oscilação no campo eletromagnético, e a energia química, provinda de reações químicas (RAMALHO, *et al.*, 1976), sendo essa uma das formas relevantes que a energia pode se manifestar, em que muitas vezes é oriunda de fontes primárias de energia, utilizadas em grande escala atualmente.

Kotz e Treichel *apud* Oliveira e Santos (1998), referem-se à energia potencial química como algo que as substâncias possuem devido às atrações e repulsões entre as partículas subatômicas, em que esses conteúdos energéticos podem vir a ser alterados por meio de reações químicas entre seus átomos, fazendo assim, liberar ou absorver energia no curso da reação. Partindo desse princípio, Planas (2019) enumera alguns exemplos de energia potencial química, dentre elas estão os combustíveis fósseis (carvão, petróleo ou gás natural) e a biomassa.

Para Fernandez e Nishida (2007), em Museu Escola do IB (Instituto Biociências – UNESP), as plantas verdes, as algas verdes e algumas bactérias captam a luz visível e a transformam em energia química, mediante a um processo biológico conhecido como fotossíntese, deste modo, tais seres são chamados de autótrofos, pois produzem seus próprios nutrientes. Ainda os mesmos autores citam que os demais seres vivos são heterótrofos, pois não conseguem fazer tal processo, dessa forma, capta a energia de outros organismos, em outros termos, a fonte de energia dos heterótrofos são as biomoléculas que formam as células de organismos vegetais. Dessa forma, é dos alimentos que os organismos extraem nutrientes, processando-os mecânica e quimicamente, disponibilizando então a energia para tarefas específicas, como a contração muscular, necessária para pedalar uma bicicleta, por exemplo.

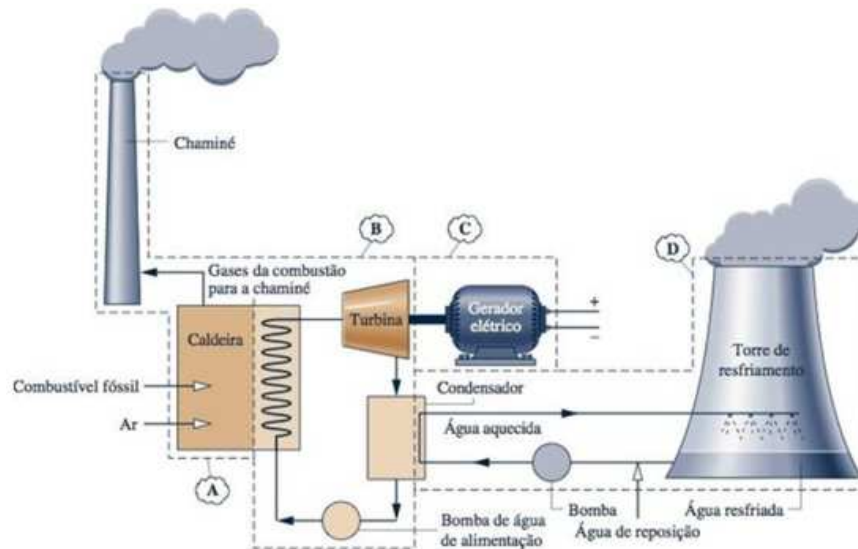
A energia potencial química, por sua vez, é o elemento primário requerido para o funcionamento das usinas termoelétricas ou termelétricas, pois usufruem de uma fonte de energia potencial química e de um ciclo termodinâmico para realizar trabalho.

Moran (2013) explica que a vaporização em usinas movidas com combustível fóssil, biomassa e carvão, se dá pela transferência de calor dos gases quentes produzidos na combustão do combustível para a água, Figura 1.19, a qual passa pelos tubos de uma caldeira, produzindo vapor, onde o qual passa por uma turbina até se expandir em uma pressão mais baixa, desenvolvendo potência, uma vez que, sendo transmitido ao eixo da respectiva turbina, que é conectado a um gerador elétrico. Por fim, o vapor que sai da turbina passa pelo condensador, onde se condensa na parte externa dos tubos que conduzem a água de refrigeração.

A transformação de energia química em elétrica das termoelétricas ou termelétricas é um assunto em alta atualmente (2022) devido à escassez hídrica, e seu uso cobrado, por bandeiras tarifárias diferentes, na conta de energia elétrica.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a responsável pela administração da distribuição de energia elétrica e, no segundo semestre de 2020, 58,97% das usinas na ativa são do tipo hidrelétricas e 25,53% termelétricas, o restante de outras fontes. A termelétrica não é o tipo de energia limpa, pois liberam gases poluentes na atmosfera, o processo de transformação de energia é alto quando comparado com outros tipos, e possui dependência de recursos limitados.

Figura 1.19 - Desenho ilustrativo de uma usina termoeletrica e seu funcionamento, essa utiliza a potência a vapor acionada por combustível fóssil. **A** - Subsistema com finalidade de fornecer energia necessária para vaporizar o fluido de trabalho. **B** - O vapor expandido oriundo da caldeira passa pela turbina, onde se expande até uma pressão mais baixa. **C** - O subsistema se resume no gerador elétrico. **D** - Circuito de refrigeração: a água de refrigeração é enviada a uma torre de resfriamento, na qual a energia recebida do vapor que se condensa no condensador é rejeitada para a atmosfera e depois a água de refrigeração retorna para o condensador.



Fonte: Moran (2013, p. 340)

Hoje a maior termoeletrica no Brasil é a Porto de Sergipe I, situada em Barra dos Coqueiros em Sergipe. Gera uma potência de 1,5 GW e foi inaugurada em agosto de 2020.

Na próxima seção apresenta-se sobre a lei de conservação de energia total.

1.2.8 Lei da Conservação de Energia Total

A energia é um fenômeno da natureza e sua lei de conservação possui como princípio o fato de que a energia não pode ser criada e nem destruída, mas, transformada.

Como vimos, a energia em Física está relacionada ao trabalho realizado sobre um corpo ou pelo corpo, e quem realiza trabalho é uma força atuando sobre um corpo que provoca seu deslocamento, equação (1.1). De forma que o trabalho total realizado em determinada situação física é a soma do trabalho de cada força. No caso da mecânica, quando envolve forças dissipativas

$$W_{dissipativas} + W_{conservativas} = W.$$

Considerando as equações (1.7) e (1.8) pode ser escrita como,

$$-\Delta E_{\text{térmica}} - \Delta E_{\text{potencial}} = \Delta E_{\text{cinética}}, \quad (1.53)$$

como $\Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_m$, tem-se que,

$$\Delta E_m + \Delta E_{\text{térmica}} = \Delta E = 0, \quad (1.54)$$

assim, nesse sistema isolado, a energia total se conserva.

Conforme citado por Halliday *et al.*,

A lei de conservação da energia *não é* algo que deduzimos a partir de princípios básicos da física, mas se baseia em resultados experimentais. Os cientistas e engenheiros nunca observaram uma exceção. A energia simplesmente não pode aparecer ou desaparecer magicamente. (HALLIDAY *et al.*, 2010, p. 456)

De forma que, para um sistema isolado mais amplo, contendo diversos tipos de trabalhos realizados no sistema, por diversos tipos de forças, incluindo forças dissipativas, conservativas, forças externas e forças internas, pode se escrever que o trabalho total é dado por:

$$\Delta E_{\text{térmica}} + \Delta E_{\text{mecânica}} + \Delta E_{\text{internas}} = W_T. \quad (1.55)$$

Como o sistema é isolado, o trabalho total é nulo e,

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{total}} &= 0, \\ E_{\text{total final}} &= E_{\text{total inicial}}. \end{aligned} \quad (1.56)$$

Que representa a lei de conservação de energia total de um sistema isolado.

1.2.9 Transformações de energia exploradas neste trabalho

É importante destacar que o aparato experimental do presente trabalho não apresenta a energia cinética de translação, uma vez que o mesmo está apoiado em um suporte fixo (mancal). Além disso, a determinação da energia cinética de rotação da roda traseira da bicicleta ficou impossibilitada de ser obtida, uma vez que o campo magnético criado no alternador gera uma força de rolamento diferente quando está convertendo energia em relação a quando não está. Em outras palavras, quando não existe o campo magnético ou quando o alternador não está no processo de auto-excitação, o ato de pedalar é mais fácil, ou seja, mais “leve”. Porém, quando ele entra no estado de auto-excitação, quando já está gerando o seu

próprio campo e convertendo energia cinética de rotação em energia elétrica, fica mais difícil o ato de pedalar, uma sensação análoga a quando se pedala uma bicicleta em uma subida leve.

Em suma, a determinação experimental da energia cinética de rotação da roda traseira não foi possível, uma vez que a diferença na força de rolamento da polia do alternador que gira em contato com a roda da bicicleta é diferente ao longo do processo. Assim, optou-se por explicar experimentalmente parte das energias transformadas de forma qualitativa e quantitativa(coletando dados experimentais) somente a transformação da energia elétrica em térmica.

No próximo capítulo, apresenta-se o PE com um aparato experimental que funciona à base de um alternador automotivo para analisar as transformações de energia.

2. Produto Educacional e sua Aplicação

Essa parte do presente trabalho tem como objetivo abordar o Produto educacional, demonstrando a organização da Proposta Pedagógica empregada nas fases da construção da estrutura metálica que sustenta a bicicleta e seus demais componentes. Assim, neste capítulo encontra-se uma diretriz que vem explicar todo o processo de construção do suporte, instalação de seus componentes periféricos e delinear todas as fases que contemplam a prática pedagógica que constitui o trabalho, o qual tem sua elaboração voltada principalmente para o Ensino Médio.

2.1 Produto Educacional

De acordo com as Diretrizes Curriculares da Educação Básica da disciplina de Física, o Produto Educacional tem uma abordagem teórico-metodológica como tema Movimento, Calor e Eletromagnetismo constituindo os Conteúdos Estruturantes e Energia e o Princípio da Conservação da Energia, Termodinâmica e o Eletromagnetismo, elencados como conteúdos básicos.

Assim, o Produto Educacional é um texto didático-pedagógico em que a “menina dos olhos” é um aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”, em que se utiliza de um alternador automotivo para a conversão de energia mecânica em energia elétrica, e dessa em térmica por meio do efeito Joule. Esse aparato foi planejado e montado pelo autor do presente trabalho. A vantagem em utilizar um alternador automotivo tem como fator principal gerar uma corrente maior e tensão de 12 V, portanto, melhorar a eficácia para executar o experimento, que é obter dados experimentais para obter a energia elétrica dissipada e, a capacidade térmica de um calorímetro por meio dessa montagem experimental.

Inicia-se então com a apresentação da estrutura metálica e seus periféricos, demonstrando assim todo o processo de montagem de tal aparato, sucessivamente a apresentação da sequência didática (SD), sendo ela com os pilares alicerçados na teoria de aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel e, por fim a análise da eficiência do produto educacional por meio de um questionário objetivo respondido pelos estudantes.

No entanto, uma vez analisada toda a construção das partes físicas que compõem o

Produto Educacional, é dedicada uma discussão sobre os conceitos de energia, principalmente as formas que serão encontradas no presente trabalho, fornecendo assim, subsídios necessários para a reflexão e interpretação dos fatos no desenrolar da proposta didática. Destacando, segundo Robert M. Hazen e James Trefil (2005), que a energia existe sob inúmeras formas, que no decorrer dos processos são transformadas em outras, não podendo ser criada ou destruída ao longo do tempo, sempre conservando, princípio esse, conhecido como a Lei de conservação da energia.

2.1.1 Montagem Experimental

A partir do momento em que se delineou o tema energia e das possibilidades de trabalhar com o assunto, surgiu a necessidade da montagem de um aparato experimental em que pudesse ser explorado o conteúdo desejado e com a participação dos alunos ao utilizá-lo.

A ideia foi a construção de uma estrutura metálica resistente o suficiente para suportar uma bicicleta e uma pessoa, seja criança, adolescente ou adulto, independentemente de sua massa, como também acoplar os elementos a essa estrutura, pensando sempre em algo de fácil acesso, sem causar prejuízos à ideia inicial.

Dessa forma, a montagem experimental ilustrado na Figura 2.1 possui: (1) bicicleta de 18 marchas com catracas de diâmetros variáveis; (2) alternador automotivo (12 V – 35 A) com a polia modificada para uma polia dentada retirada de um aparador de gramas; (3) bateria automotiva de 12 V - 35 A, utilizada para o processo inicial do funcionamento do alternador; (4) chave de luz universal – com 3 posições; (5) conjunto de duas tomadas residenciais; Para o calorímetro: (6) porta latas térmico de alumínio de 350 mL com tampa; (7) resistor elétrico para chuveiro de 110 V, e (8) termômetro digital tipo vareta. Ainda para o sistema: (9) uma mini lâmpada 12 V – 5 W, (10) multímetro para medir o valor da resistência elétrica (7) e para acompanhar a variação da tensão, e (11) estrutura metálica (mancal) que manterá a roda traseira suspensa e a dianteira fixa.

Aparecem ainda na imagem um móvel (12) para colocar a bateria, caixa de madeira com o circuito elétrico contendo a chave de luz, duas tomadas com espelho de duas saídas, mini lâmpada de “advertência” (ou “piloto”) (9), o multímetro e o calorímetro. Na sala de aula foi utilizada a mesa do professor que é mais espaçosa.

Figura 2.1 – Imagem fotográfica da montagem experimental constando o aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”. Em que: (1) bicicleta, (2) alternador automotivo (12 V – 35 A) com polia modificada para dentada, (3) bateria automotiva de 12V -35 A, (4) chave de luz universal - 3 Posições, (5) conjunto de duas tomadas residenciais, (6) porta latas térmico de alumínio de 350 ml com tampa, (7) resistor elétrico para chuveiro de 110 V, (8) termômetro digital tipo vareta, (9) uma mini lâmpada 12 V – 5 W, (10) multímetro, e (11) estrutura metálica, (12) móvel para colocar parte do material.



Fonte: arquivo do autor.

2.1.1.1 Materiais Utilizados

Com o intuito aprimorar a apresentação do aparato experimental que compõe o Produto Educacional, apresenta-se nesta subseção a lista de materiais utilizados na construção do mesmo, definiram-se as especificidades de cada elemento que constitui o conjunto.

No entanto, a indicação das características técnicas, as marcas e as dimensões é algo arbitrário, porém a reprodução e reconstrução de todo aparato devem respeitar as especificações, e a substituição de qualquer elemento deve ter a mesma eficiência para não prejudicar o resultado final. Dessa forma, é disponibilizado no Apêndice B o valor aproximado cada elemento que constitui o aparato cuja cotação foi atualizada no ano de 2021.

Lista de Materiais:

- 1 bicicleta aro 26 – 18 marchas;

- 1 alternador automotivo (12 V, 35 A);
- 1 bateria automotiva (12 V, 35 A);
- 1 chave de luz universal com 3 posições;
- 2 tomadas residenciais com um espelho de duas saídas;
- 1 porta latas térmico de alumínio;
- 1 resistor elétrico (“resistência”) para chuveiro 127 V; 6,7 Ω
- 1 termômetro digital tipo vareta;
- 1 lâmpada 12 V– 2 W (mini-lâmpada encontrada em autoelétricas)
- 1 multímetro;
- 1 estrutura metálica;
- 1 polia de aço com 10 cm de diâmetro;
- 4,5 m de fios de cobre 6 mm;
- 2 parafusos de fixação de cabeça hexagonal M8 (diâmetro: 8 mm e comprimento: 60 mm)
- 2 arruelas (diâmetro interno: 8,4 mm, diâmetro externo: 16 mm e espessura: 1,5 mm)
- 2 porcas zincadas (diâmetro interno: 8 mm, diâmetro externo: 13 mm e espessura: 6,5 mm)
- 1 caixa de madeira (30 × 15 × 8) cm.

Uma vez que os materiais foram organizados e que todo aparato experimental deverá ser apresentado já na sua forma final de montagem, ou seja, pronto para ser utilizado, é importante especificar o processo de instalação dos componentes, apresentados na próxima seção.

2.1.1.2 Guia de Montagem do Aparato Experimental

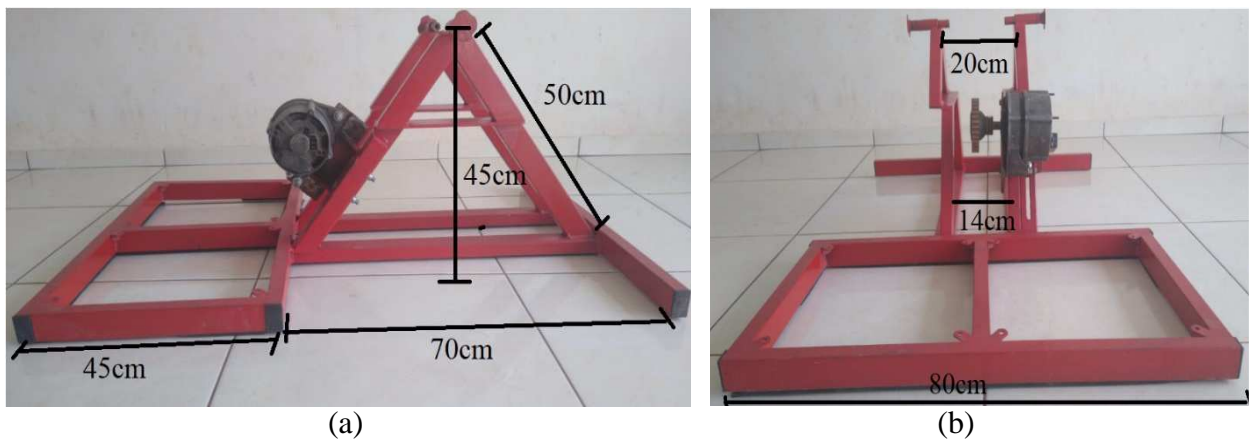
Como dito anteriormente, o aparato experimental tem como intuito a demonstração de algumas possíveis formas que a energia pode ser apresentada, como também evidenciar a validade do Princípio da conservação da energia, em razão de que o mesmo possibilita a coleta de dados que podem ser usados posteriormente em equações válidas para os conceitos teóricos da Física.

Assim, é importante que sua montagem seja feita de forma que se possa ter bons dados coletados, como também, preserve a integridade física daquele que fizer uso do equipamento. Para isso o sistema foi testado pelo autor, analisado se os dados experimentais eram reproduzíveis e a segurança do uso do aparato. Deste modo, apresenta-se a montagem dos periféricos e da fixação da bicicleta na estrutura metálica da forma desenvolvida.

Primeiramente é importante delinear as especificações da estrutura metálica, uma vez que a mesma tem grande importância em todo aparato, como também ela deve ser construída, ou seja, não existe produção em grande escala, portanto não sendo encontrada pronta em lojas especializadas.

As medidas que foram utilizadas se encontram descritas nas imagens das Figuras 2.2 (a) e 2.2 (b), de tal modo que o material utilizado consiste em tubos de *Metalon* retangulares, com medidas de 30 mm de largura, 50 mm de altura e paredes de 1,2 mm de espessura, soldados um ao outro.

Figura 2.2 - Imagem fotográfica da estrutura metálica indicando as suas dimensões, (a) em uma visão lateral. Sendo a altura em relação ao solo de 45 cm, o comprimento de toda armação de 115 cm e o suporte de sustentação diagonal de 50 cm; e (b) em uma visão frontal, sendo a largura da base com 80 cm, o espaço que se dispõe a polia com 14 cm e o espaço reservado para o pneu traseiro da bicicleta, com 20 cm.



Fonte: arquivo do autor.

Em razão de que toda estrutura tem como finalidade a conexão entre a bicicleta e o alternador, faz necessário demonstrar de forma mais pontual o local em que o eixo da bicicleta é fixado no suporte e como ficará a disposição do pneu com a polia, a qual é presa no eixo do alternador, representados nas imagens 2.3 (a) e 2.3 (b) respectivamente. No eixo do alternador já existe uma rosca pré-existente, mas a rosca existente na polia foi confeccionada por um torneiro mecânico, sendo essas compatíveis uma com a outra.

Figura 2.3 – Imagem fotográfica apresentando (a) os pontos de apoio do eixo traseiro da bicicleta, do qual os pontos A e B possuem roscas compatíveis com o respectivo eixo, e (b) a maneira em que a polia e os pneus ficam dispostos.

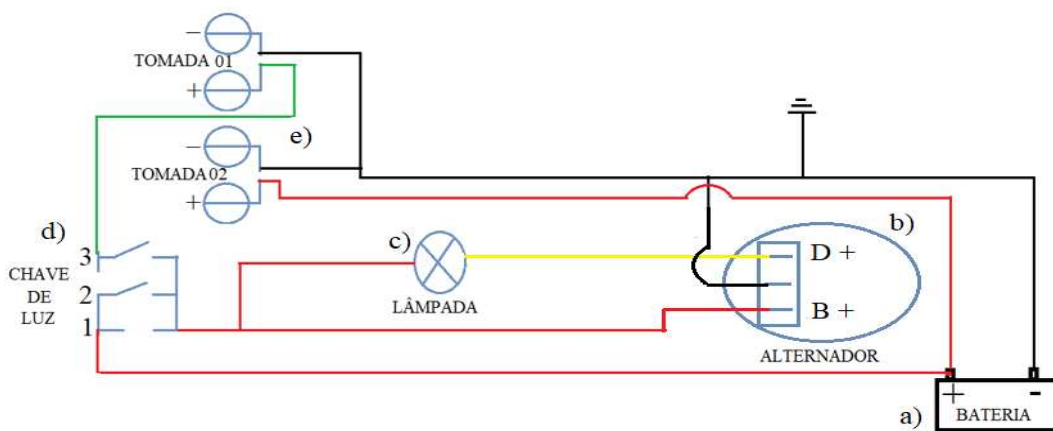


Fonte: arquivo do autor.

Uma vez que o aparato experimental não possui apenas conceitos mecânicos em sua construção, é importante descrever todo o esquema de montagem da fiação elétrica, apresentada pelo esquema do circuito da Figura 2.4. Para saber quando mudar a posição da chave, se deve observar a luz da mini lâmpada, conforme a descrição das posições da Chave em (d) apresentadas na Figura 2.4:

- **Chave na posição 1:** lâmpada apagada, alternador não está eletricamente magnetizado, a tomada 01 não possui ddp e a tomada 02 com ddp de 12 V.

Figura 2.4 - Esquema de montagem da fiação elétrica utilizada para a conversão de energia mecânica em energia elétrica do aparato experimental. Sendo (a) bateria (fonte de tensão), (b) alternador, (c) lâmpada, (d) chave de luz, e (e) 2 tomadas.



Fonte: o autor.

- **Chave na posição 2:** considerando o alternador com o eixo sem rotação, tem-se a lâmpada acesa, o alternador está eletricamente magnetizado, a tomada 01 não possui ddp e a tomada 02 com de ddp de 12 V, porém, o alternador com o eixo em rotação, a lâmpada fica apagada, o alternador eletricamente magnetizado, a tomada 01 não possui ddp, a tomada 02 com de ddp de 12 V e o sistema carrega eletricamente a bateria.
- **Chave na posição 3:** considerando o eixo do alternador em rotação, a tomada 02 com ddp de 12 V (da bateria), a tomada 01 com a ddp controlada pelo alternador, a lâmpada se encontra apagada e o sistema não carrega a bateria eletricamente

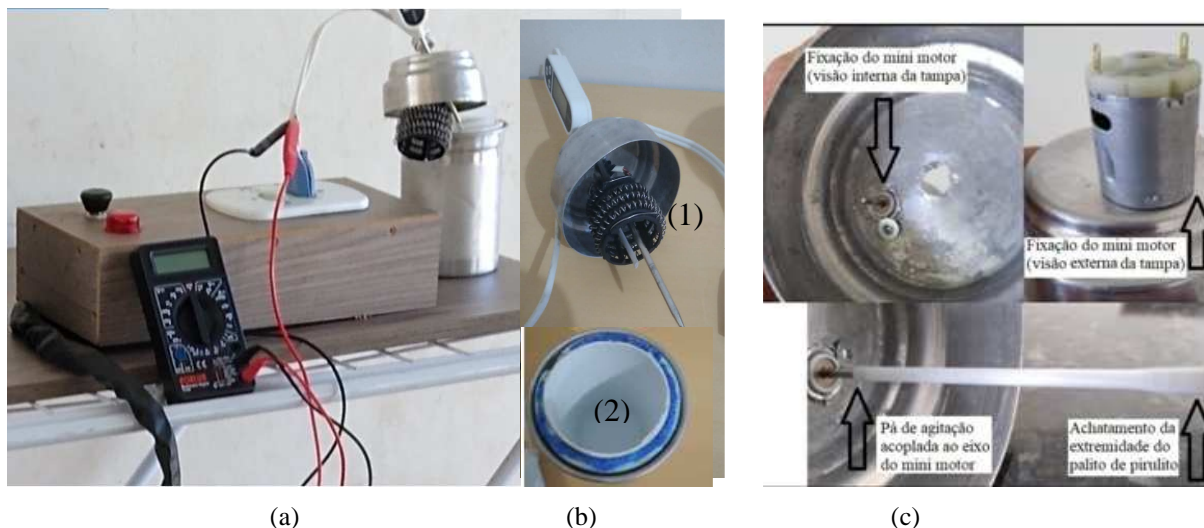
Portanto, partindo do princípio de que o alternador somente consegue converter energia mecânica em energia elétrica se primeiramente estiver eletricamente magnetizado, de forma que o processo inicia-se pedalando, quando a luz da mini lâmpada acender, então mudar a chave de luz da posição 1 para a posição 2, uma vez que é nessa posição que temos a criação do campo magnético no interior do alternador (alimentado inicialmente pela bateria de 12 V, portanto ela deve estar carregada), continue pedalando, e a mini lâmpada se apaga. Isso significa que o eixo do alternador em movimento indica estar carregando eletricamente a bateria. O segundo passo é redirecionar a energia elétrica para a tomada 01 em vez da bateria, que sempre será oriunda somente do alternador, a chave seletora deve ser mudada da posição 2 para a posição 3. Na posição 3, a bateria já não influencia em nada, e a energia elétrica está indo direto para a tomada 01.

Para utilizar a energia elétrica disponível na tomada 01 (lembrando de manter as pedaladas), encaixa-se o plugue conectado por um fio a um resistor elétrico de chuveiro de 127 V, que deve estar imerso dentro de uma determinada quantidade de água (com valor aferido) em um copo de plástico que se encontra dentro de um recipiente de isopor⁷, e este envolto por um recipiente de alumínio (porta latas térmico), com a finalidade de diminuir trocas de calor com o ambiente, Figura 2.5 (b(1)), transformando energia elétrica em térmica por meio do efeito Joule.

A água absorverá a energia dissipada pelo resistor elétrico cuja quantidade é mensurável por meio da taxa de variação da temperatura pelo tempo, com o auxílio de um termômetro de haste e de um cronômetro digital, pode ser a do celular. Formando o calorímetro (Figura 2.5 (b(2))) como ilustrado na Figura 1.14.

⁷O isopor é uma marca comercial, o nome do material é poliestireno, cuja fórmula química é $(C_8 H_8)_n$.

Figura 2.5- Imagem fotográfica de parte do aparato experimental, ressaltando em (a) do multímetro associado em paralelo com o resistor elétrico de chuveiro, (b(1)) a tampa do calorímetro com o resistor elétrico e o termômetro de vareta, (b(2)) a parte inferior do calorímetro, de dentro para fora, um copo plástico, isopor® e um frasco de alumínio por fora, e (c) mini motor fixado à tampa do suporte de latas, com visão interna e externa, como também, ilustrando o agitador formado pelo palito de pirulito fixado no eixo de mini motor .



Fonte: arquivos do autor.

No entanto, para demonstração e construção dos processos matemáticos, é associado um multímetro (na função $V \overline{\text{---}}$, posição 20.) paralelo ao resistor elétrico, para então traçar uma média de tensão estabelecida pelo alternador durante a conversão de energia mecânica em energia elétrica e um termômetro para demonstrar as variações de temperatura sofridas durante a utilização do aparato experimental.

Por fim, é importante enfatizar que para ter uma eficiência na análise da variação da temperatura no recipiente, fez-se necessário agitá-lo constantemente, para que ocorresse a homogeneização da água, uma vez que o processo de convecção na água, nesse experimento, não foi suficiente. Dessa forma, foi necessário acrescentar um agitador na tampa do calorímetro, tal que fique imerso no líquido ao ser utilizado. Melhorias foram realizadas após a aplicação do produto, devido a verificação da sua necessidade. Para tal foi inserido um motor de 12 V para o agitador, esse feito com um palito de pirulito, achatando uma de suas extremidades, conforme apresentado na Figura 2.5(c).

Na próxima seção, segue a metodologia utilizada para explorar o aparato experimental denominado “Bicicleta Dinâmica”.

2.1.2 Abordagem Metodológica

A população, em sua grande maioria, obviamente não precisa necessariamente ter capacidades e conhecimentos que se exigem dos cientistas para entender notícias dos jornais,

como também não precisam saber projetar um avião para fazer uma viagem aérea, porém, Hazen e Trefil reiteram que

“[...] é indispensável ter uma base de conhecimento para entender como tais mudanças poderão ocorrer e quais serão as consequências, para você e para as gerações vindouras. É preciso ser capaz de situar os novos avanços científicos e tecnológicos num contexto que lhe permita participar dos debates travados hoje em todas as nações do mundo.” (HAZEN, R.M; TREFIL, J. 2005, p.13).

Além disso, sendo a Física um instrumento de compreensão do mundo, foi imprescindível apresentar uma proposta que forneça ao aluno o acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente. Pois, ao analisar que tanto os alunos como os professores vivem num mundo dinâmico aos conhecimentos a serem trabalhados, considerou-se instrumentos de uso diário, sempre na tentativa de não causar prejuízos aos conceitos, tratando-os de forma menos abstrata possível.

De forma que, o procedimento metodológico adotado para aplicar o aparato experimental apresentado na seção 2.1, foi elaborar uma Sequência Didática, considerando primeiramente buscar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos de energia, objetivando uma aprendizagem significativa. Buscando também, com a inserção do aparato experimental, aumentar o cabedal de conceitos sobre o referido tema, tornando a interpretação dos fatos, no cotidiano dos alunos, mais fácil e assertiva.

Considerou-se também, entre outras ferramentas didáticas, o uso de mapa conceitual, a ser construído com as informações fornecidas pelos alunos e transcritas pelo docente no quadro em sala de aula.

Pretende-se assim:

- Explorar os conceitos de energia, desde a Mecânica Clássica até a Termodinâmica;
- Proporcionar ao aluno o domínio da linguagem científica dos assuntos discutidos e que o mesmo consiga correlacioná-los com as notícias de temas relativos à proposta e emitir juízos próprios.
- Propiciar ao educando os conceitos de matemática e fenomenológicos sobre o tema Energia em diversas ênfases.
- Realizar uma atividade experimental usando o processo de transformações de energia, obtendo a quantidade de energia dissipada (efeito Joule) e a absorção de energia do material em contato térmico com o resistor.

Além disso, considerou-se na elaboração da SD seguir os fundamentos de seriação e sequência dos conteúdos das Diretrizes Curriculares da Educação Básica, da componente curricular de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná (DCE/PR – FÍSICA) que são:

- **Conteúdos Estruturantes** - Movimento, Termodinâmica e o Eletromagnetismo.
- **Conteúdos Básicos** - Energia e o Princípio da Conservação da energia, Lei zero da Termodinâmica e a corrente elétrica.
- **Conteúdos Específicos** - Tipos e fontes de energia, Energia Cinética, Energia Potencial gravitacional, Energia Potencial elástica, Energia térmica, Energia Elétrica. Energia térmica, Equilíbrio térmico, Intensidade da corrente elétrica, Resistor elétrico, Efeito Joule e a Lei de Indução Eletromagnética.

No desenvolver da aplicação do Produto Educacional, sempre buscou seguir as orientações sobre o processo de ensino-aprendizagem descrito na DCE que ressaltam:

- O processo de ensino-aprendizagem deverá considerar o conhecimento trazido pelos estudantes, uma vez que são frutos de suas experiências de vida em suas relações sociais.
- No ensino da Física a experimentação é uma importante metodologia, pois contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, como também, proporciona interação entre professor e aluno.
- A linguagem matemática, apesar de ser uma ferramenta para a disciplina de Física, não poderá ser considerada um requisito prévio para aprender os conteúdos trabalhados, dessa forma, sem descartar o formalismo matemático, os estudantes deverão se apropriar-se sobretudo do conhecimento físico.
(DCE/PR – FÍSICA, 2009, p.56),

Na próxima seção apresenta-se a sequência didática a ser aplicada.

2.1.3 Sequência Didática

A Sequência Didática foi aplicada em 3 turmas do 1º ano do Curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, com um total de 80 alunos, que ocorreu nas dependências do Centro Estadual de Educação Profissional do Noroeste, no Município de Diamante do Norte - PR, em 6 aulas de 50 minutos cada.

Tema da sequência didática – Energia na Física e no Cotidiano.

Objetivo da sequência didática - Apresentar e utilizar um aparato experimental para uso em sala de aula para explorar transformação de energia e aplicação no cotidiano.

Conteúdos – No Quadro 2.1 estão descritos os conteúdos a serem abordados por aula.

Quadro 2.1- Conteúdo da Abordagem Teórico-metodológica para cada aula ministrada. Cada aula com 50 minutos.

Aula	Abordagem Teórico-Metodológica
01	Apresentação do tema a ser trabalhado com os alunos e o cronograma do produto desenvolvido.
	Realização de um questionário objetivo com 10 questões, sobre o tema energia, partindo dos princípios da Física clássica.
02	Exposição dialogada de um panorama histórico que envolve os conceitos da energia.
	Explanação de possíveis formas de energia, organizando as ideias em um mapa conceitual.
03	Término da explanação sobre as formas de energia e a conclusão do mapa conceitual
	Demonstrações e possíveis deduções das equações necessárias para a realização dos cálculos que serão utilizados para a análise experimental a ser realizada na “bicicleta dinâmica”.
04	Apresentação do aparato experimental, demonstrando todos os seus componentes e a finalidade de cada um.
	Utilização do aparato experimental e coleta de dados.
05	Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energia elétrica e térmica envolvidas.
	Discussão dos resultados quantitativos;
06	Avaliação, realizada por meio do mesmo questionário objetivo utilizado anteriormente com 10 questões, sobre o tema energia, dentro dos princípios da mecânica clássica;
	Retorno aos alunos.

Fonte: o autor.

Habilidades da BNCC a serem desenvolvidas

EM13CNT101 - Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

EM13CNT102- Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(BRASIL, 2018, p.556)

Tempo de execução da sequência didática: 06 aulas de 50 minutos cada.

Materiais necessários- aparato experimental “bicicleta dinâmica”, quadro a giz ou branco, giz ou caneta para quadro branco, 200 mL de água, caderno para anotações, lápis, caneta e borracha.

2.1.4 Detalhamento das aulas

Apresenta-se a seguir o detalhamento de cada aula.

- **Aula 01**
- **Organização da turma** – Padrão (organizados em fileiras).
- **Introdução**- No início da aula será apresentado o tema a ser trabalhado na sequência didática do PE.
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ aplicação de um Questionário Diagnóstico (Quadro 2.2) para analisar o conhecimento prévio dos alunos
 - ✓ apresentar a contextualização histórica conforme apresentado na seção 1.2.1;

Quadro 2.2 – Questões do questionário diagnóstico.

<p>Nome:</p> <p>Idade:</p> <p>1) A energia potencial gravitacional e a energia cinética de um corpo, dependem respectivamente:</p> <p><i>a) do volume do corpo e da velocidade do corpo</i></p> <p><i>b) da aceleração do corpo e da massa do corpo</i></p> <p><i>c) da altura do corpo e da velocidade do corpo</i></p> <p><i>d) da altura do corpo e do volume do corpo</i></p> <p><i>e) da potência do corpo e da velocidade do corpo</i></p> <p>2) Em um motor de carro, a energia _____ do combustível é convertida em energia _____. Essa energia liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, energia _____.</p> <p>Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas:</p> <p><i>a) potencial eólica – potencial térmica – cinética</i></p> <p><i>b) potencial química – térmica – cinética</i></p> <p><i>c) cinética orgânica – cinética – térmica</i></p> <p><i>d) potencial elástica – potencial gravitacional – cinética</i></p> <p><i>e) potencial química – térmica – elétrica</i></p> <p>3) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento.</p> <p>Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico ao fazer um automóvel se movimentar.</p> <p><i>a) energia elétrica em energia cinética</i></p> <p><i>b) energia elétrica em energia térmica</i></p> <p><i>c) energia potencial química em energia elétrica</i></p> <p><i>d) energia elétrica em energia potencial gravitacional</i></p> <p><i>e) energia elétrica em energia potencial elástica</i></p>
--

4) Existem vários exemplos que demonstram, de fato, que a energia sofre transformações. Sobre a Lei da conservação da energia em um sistema isolado, assinale a alternativa correta:

- a) *Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.*
- b) *Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido às forças resistivas existentes.*
- c) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em um sistema ideal, caso se tratar de um sistema real, não podemos fazer tal afirmação.*
- d) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.*
- e) *Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.*

5) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2 kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2 m de altura é de: Adote $g=10 \text{ m/s}^2$.

- a) *10 joules*
- b) *20 joules*
- c) *30 joules*
- d) *40 joules*
- e) *50 joules*

6) Um motorista, após ver algo que exija uma freada, leva um certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distancia será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro, uma vez que, esse tempo aumenta quando o motorista está sob efeito do álcool. Após o tempo de reação, quanto maior a velocidade do veículo, maior será a distância de freada, que indica quo o trabalho foi maior, porque o carro o carro tinha mais energia. Dessa forma, a energia cinética que um carro contém, considerando que ele possui uma massa de 800 kg e velocidade de 72 km/h, é de:

- a) *57 600 joules*
- b) *20 000 joules*
- c) *320 000 joules*
- d) *180 000 joules*
- e) *160 000 joules*

7) Uma melancia de 5 kg é abandonada a partir do repouso de uma janela do quinto andar de um prédio, localizada a 20 m em relação ao solo. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra com $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, o que mudaria se fosse uma laranja, de 140 g (0,14 kg) sendo abandonada a partir do repouso da mesma posição?

- a) *a velocidade final e a força exercida no solo.*
- b) *somente a velocidade final.*
- c) *a aceleração adquirida e a velocidade final.*
- d) *somente a força exercida no solo.*
- e) *nada irá se alterar.*

8) Um recipiente contém 200 g de água inicialmente à temperatura de 20 °C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) *4000 calorias*
- b) *6000 calorias*
- c) *10 000 calorias*
- d) *10 calorias*
- e) *impossível determinar*

9) Resistor elétrico é um componente muito abundante em circuitos elétricos com a função de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) *converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- b) *converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- c) *produz energia térmica por meio do efeito joule.*
- d) *converte energia elétrica em potencial química.*
- e) *converte a energia elétrica em choque elétrico.*

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias?

Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

- a) *Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.*
- b) *Não, somente as baterias conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as usinas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*
- c) *Não, somente as usinas conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*
- d) *Não, tanto as usinas, como as pilhas e bateria, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.*
- e) *Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.*

Fonte: o autor

No Quadro 2.3 estão apresentadas as respostas corretas do questionário diagnóstico. As respostas com comentários estão apresentadas no Capítulo 03.

Quadro 2.3 – Gabarito do questionário diagnóstico.

Questão	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Alternativa correta	C	B	A	A	D	E	D	A	B	D

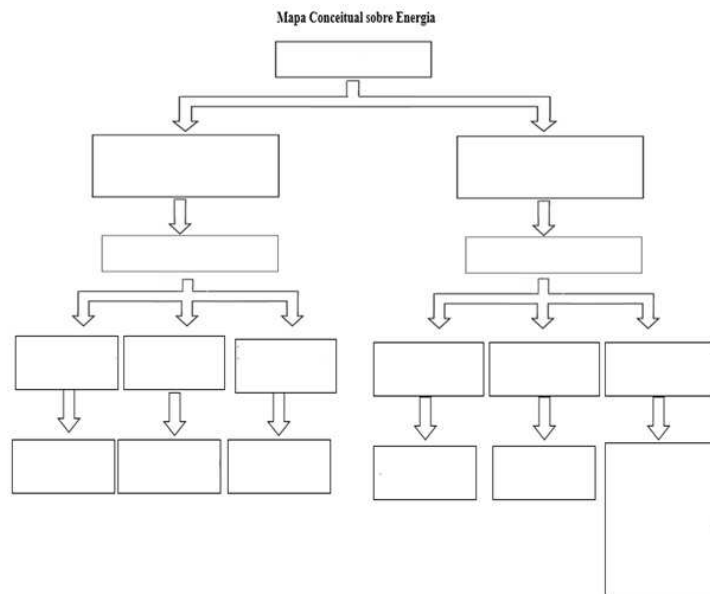
Fonte: o autor.

- **Fechamento:** iniciar a explicação sobre o conceito de energia segundo princípios da mecânica.
- **Avaliação:** participação dos alunos de forma dinâmica nas aulas.

- **Aula 02**

- **Organização da turma-** Padrão (em filas).
- **Introdução** - No início da aula fazer uma revisão da Aula 01;
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ Exposição dialogada de um panorama histórico que envolve os conceitos da energia.
Conforme apresentado na seção 1.2.1.
 - ✓ Utilização do mapa conceitual com formato pronto, como uma ferramenta didática sobre a Energia mecânica e suas formas; optou-se por entregar a estrutura para esse mapa conceitual apresentado na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Estrutura do Mapa conceitual a ser entregue aos alunos.



Fonte: o autor

- **Fechamento:** analisar e discutir com os alunos sobre o mapa conceitual confeccionado.
- **Avaliação:** participação dos alunos na dinâmica.
- **Finalização da sequência:** analisar as principais dúvidas e dificuldades levantadas pelos alunos na dinâmica .

- **Aula 03**

- **Organização da turma:** padrão.
- **Introdução:** No início da aula relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade da aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ Término da explanação sobre as formas de energia e a conclusão do mapa conceitual, ou seja, concluir os conceitos mais gerais que constituem o mapa.
 - ✓ Demonstrações e possíveis deduções das equações necessárias para a realização dos cálculos que serão utilizados para a análise experimental a ser realizada na “bicicleta dinâmica”. Relação entre trabalho, força e energia, semelhante ao apresentado nas subseções 1.2.1 a 1.2.4, e 1.2.7,1.2.9, e 1.2.10.
- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos;
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.

- **Aula 04**

- **Organização da turma:** os alunos ficarão em volta do aparato experimental.

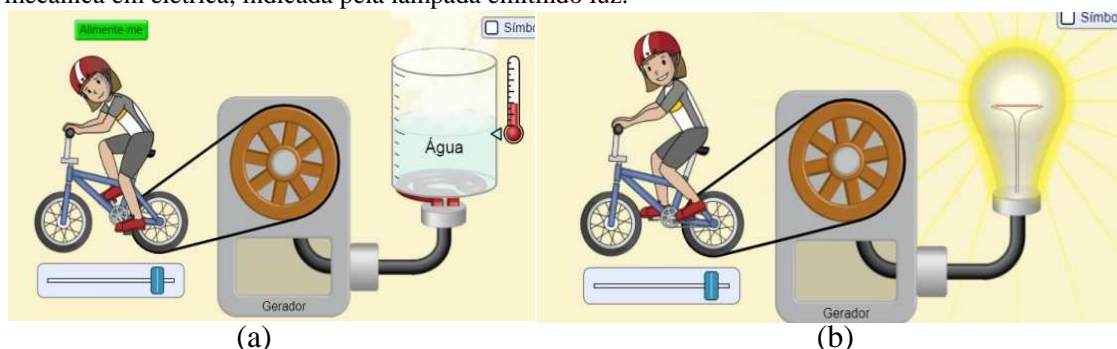
- **Introdução:** no início da aula lembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade da aplicação do PE.
- **Desenvolvimento**
 - ✓ Apresentação do aparato experimental apresentado na seção 2.1, demonstrando todos os seus componentes e a finalidade de cada um;
 - ✓ Utilização do aparato experimental e coleta de dados.

Procedimento experimental

- 1 Com a montagem experimental pronta, coloque 100 g de água no calorímetro, tampe e verifique se o resistor elétrico, a haste do termômetro e o agitador ficam imersos na água.
- 2 Ligue o multímetro para acompanhar a transformação de energia mecânica em energia térmica.

Nesse item, deixamos como sugestão o uso do simulador do PhET para explicar, antes de realizar o experimento, a transformação de energia química (da alimentação de quem irá pedalar) em energia mecânica. O garoto pedalando gira a polia acoplada ao gerador, gerando energia elétrica que se transforma em térmica por efeito Joule (aparece a temperatura da água aumentando) (Figura 2.7 (a)). Após algum tempo pedalando, aparece a mensagem "alimente-me" e o garoto pára de pedalar. Na Figura (b) mostra que se trocar o recipiente de água por uma lâmpada, a lâmpada acende e, conforme se pedala, a intensidade da luz aumenta. O simulador está disponível no site: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes_pt_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html), em Sistemas.

Figura 2.7 – Cópia de tela do simulador do PhET – Formas de Energia e Transformações – no item sistemas. (a) Com um recipiente com água, mostrando a transformação de energia química em mecânica, dessa para elétrica e por fim para térmica. Em (b) para comprovar a parte da transformação da energia mecânica em elétrica, indicada pela lâmpada emitindo luz.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html.

- 3 Meça e anote os dados da resistência e tensão, que devem permanecer constante.
- 4 Verifique se todo o aparato está conectado e comece a pedalar.

Experimento 01 – Dissipação e Absorção de energia – Efeito Joule

Para a primeira atividade experimental, a tensão e a corrente elétrica no resistor elétrico do interior do recipiente térmico ($6,7\Omega$) foram proporcionadas pelo aparato, isto é, pelo movimento da roda da bicicleta. Ao pedalar, estabeleceu-se uma frequência média de 60 pedaladas por minuto, o que trouxe uma frequência média de 700 Hz na polia do alternador. Com uma tensão estabelecida, o resistor elétrico ocasionou o efeito joule, transferindo então energia para a água, a qual se encontrava a uma temperatura de $29,9^{\circ}\text{C}$.

Na aplicação do PE adotou-se a potência média para obter a energia dissipada, por meio da eq. (1.47) e discutir a energia consumida, eq. (1.44), pela “resistência” para aquecer a quantidade de água adotada. Além disso, foi calculado para o intervalo da temperatura média para o calor absorvido pela água, usando a eq. (1.27) na forma $Q = mc\Delta T$, considerando a temperatura inicial e a da água inicialmente e a final, após parar de pedalar, em torno de $60,0^{\circ}\text{C}$, que fornecerá a quantidade média de energia absorvida pela água. Posteriormente comparou-se ambos os resultados e discutiu-se para onde foi essa diferença.

Experimento 02 - Uso do Calorímetro por meio da bicicleta dinâmica

Após melhorias no aparato experimental, o autor deste trabalho realizou as medidas experimentais para obter a Capacidade Térmica do Calorímetro de duas formas, descritas a seguir.

Opção 01 – Capacidade térmica do Calorímetro.

Para explicar aos alunos o processo de calorimetria, seção 2.2, por esse método, sugere-se o uso do simulador Calorímetro disponibilizado (Figura 2.8) no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=pt por Vladimir Vascak, em Física na escola.

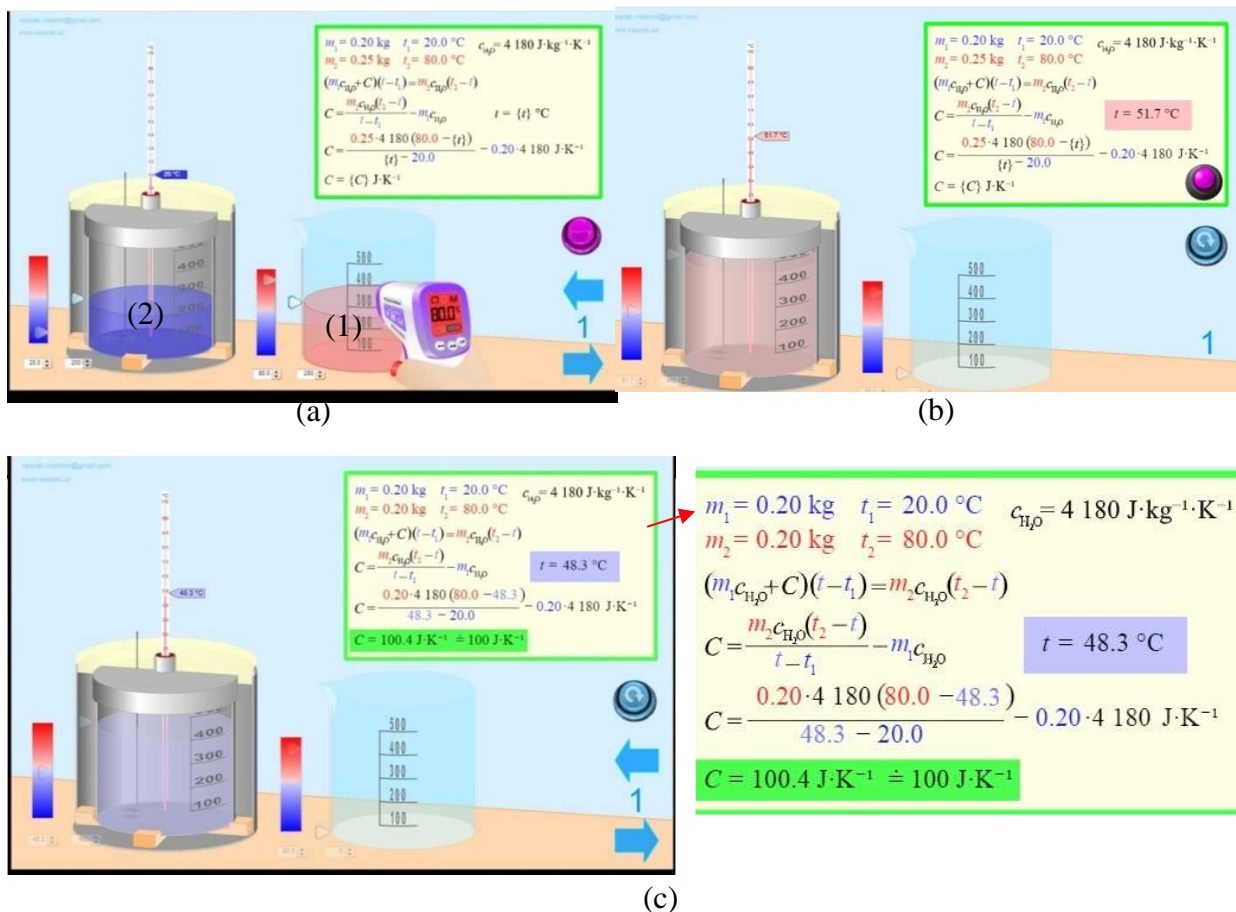
Nesse simulador, na **opção 1**, Figura 2.8, também não se utiliza um resistor elétrico. Há um recipiente com 0,25 Kg de água (1) em uma temperatura alta a 80°C e ao acionar o botão lilás, observa-se que o nível de água que se encontra no recipiente (1) vai diminuindo, direcionando para dentro do calorímetro, uma vez que inicialmente (2) há 0,20 Kg de água a uma temperatura de 20°C , em ambos.

Aguarda-se a água e o calorímetro entrarem em equilíbrio térmico, que ocorre a $48,3^{\circ}\text{C}$ (quando o termômetro no calorímetro pára de variar), e utiliza-se a equação (1.34(b))

para o cálculo da capacidade térmica do calorímetro.

Os valores das massas e das temperaturas iniciais são variáveis, a escolha nesse trabalho foram essas.

Figura 2.8 – Cópia de tela do simulador “Calorimetria”, Física na escola, para obtenção da capacidade térmica de um calorímetro, de forma opcional ao feito no experimento via bicicleta dinâmica. Em (a) selecionando os parâmetros massa, temperatura inicial, e após clicar o botão lilás, começa o aumento de temperatura no calorímetro, em (b) após entrar em equilíbrio térmico, obtido a temperatura final, e (c) o resultado da capacidade térmica ao clicar no botão lilás de (b).



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=p

Obtida a capacidade térmica do calorímetro, pode-se ainda no mesmo simulador na opção 2, obter o calor específico de diversos sólidos de materiais diferentes, conforme apresentado na seção 1.2.6, Figuras (1.10) e (1.11).

Para reproduzir a mesma forma experimental do simulador, devem-se ter dois recipientes, um sendo o calorímetro com água a temperatura ambiente e outro com água aquecida a uma temperatura em torno de 60°C, aquecido por meio do próprio resistor elétrico e anotando o tempo que leva para atingir essa temperatura, podendo assim calcular a potência dissipada pelo resistor para aquecer a massa de água estipulada. Posteriormente, colocar a

água de maior temperatura aos poucos e anotar o valor da temperatura em que a mistura das águas e o calorímetro atinja o equilíbrio térmico, e calcular a capacidade térmica do calorímetro por meio da equação (1.34(b)).

Sobre a transformação de energia, *explicar* que a energia química oriunda dos alimentos (café da manhã) será convertida em calor e em energia cinética da roda da bicicleta, sendo que essa energia da roda venha se transformar em energia elétrica, por fim, em calor.

Opção 02 – usar a taxa de variação da temperatura com relação ao tempo

Assim, para a melhoria dos dados experimentais, propõem-se obter a capacidade térmica do calorímetro utilizado. Para isso, a coleta de dados da temperatura foi feita a partir da temperatura de 29,9 °C, quando se aciona o cronometro e coletam-se os dados do tempo mais ou menos de dois em dois graus, Tabela 2.1, mantenha a tensão no resistor elétrico constante. E utilizar a equação (1.49).

Sugestão - Após anotar os dados, acompanhar a taxa de resfriamento da água (Tabela 2.2).

- **Fechamento:** espaço para esclarecer a dúvida dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.

- **Aula 05**

- **Organização da turma:** padrão (carteiras enfileiradas), mas poderia ser em equipes de 3 pessoas para a análise dos dados obtidos experimentalmente.
- **Introdução** - No início da aula lembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**

- ✓ Discussão dos resultados quantitativos obtidos na Aula 04;

Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energia elétrica e térmica envolvidas. Supondo que a tensão tenha sido de $U = 14,07 V$, e resistência $6,7 \Omega$.

Experimento 1- Dissipação e Absorção de energia – Efeito Joule

- 1) Explorando separadamente o conceito de potencia dissipada. Utilizando a equação (1.47)

$$P = i^2R \text{ como } U = Ri, \text{ a potência dissipada } P = U^2/R$$

$$P = \frac{(14,07)^2}{(6,7)} J/s = 29,547 W.$$

- 2) Energia consumida (equação (1.44)) pelo resistor para aquecer 200 mL de água em 840 s:

$$W = P\Delta t = \left(29,547 \frac{J}{s}\right) (840 s) = 24.819,48 J = 24,8 kJ.$$

- 3) Energia absorvida

$$Q = mc\Delta T = 200 (4,186)(60 - 29,9) = 25,20 kJ.$$

Discutir a dissipação relacionada a um sistema adiabático e a absorção pelo calorímetro.

Experimento 2 – Calorimetria – opção 01

Esse método necessita da temperatura de equilíbrio térmico entre a água a temperatura ambiente e a água que foi aquecida por meio da bicicleta dinâmica. Essa informação não foi adquirida em sala de aula devido ao tempo disponível para aguardar a mistura das águas atingir a temperatura de equilíbrio térmico, pois neste dia a temperatura ambiente estava em torno de 30 °C. Assim, foi explicado aos alunos por meio do simulador. A equação utilizada foi a equação (1.34(b)), a saber,

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i)$$

Em cor vermelha as grandezas de quem cede calor, em azul e verde quem recebe calor sendo o T_f a temperatura de equilíbrio. Um exemplo dessa opção e cálculo é utilizando a opção 1, no simulador: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_kalorimetr&l=pt, conforme indicado na Figura 2.8.

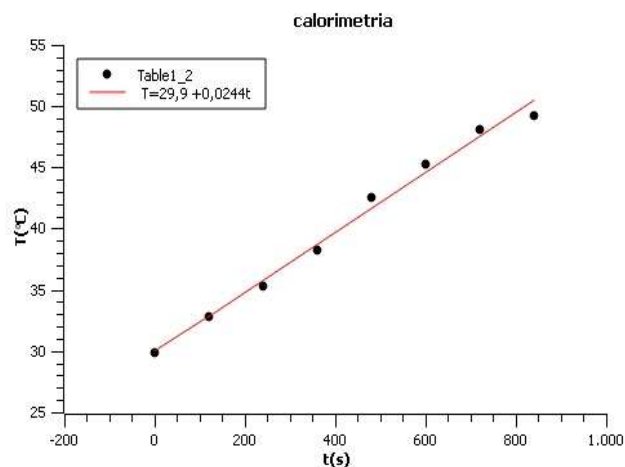
Experimento 2 – Calorimetria – opção 02– realizado pelo autor após o aparato estar completo.

Para obter a capacidade térmica do calorímetro, a relação do tempo pela variação de temperatura nesse processo é demonstrada tanto na Tabela 2.1, como no gráfico da Figura 2.9, confeccionado com o software de uso livre SciDAVIS (acrônimo de *Scientific Data Analysis and Visualization* – Análise e Visualização de dados científicos), disponível para baixar em: <https://sourceforge.net/projects/scidavis/>. Sendo $k = 0,0244$ °C/s, o coeficiente angular. E o valor de 29,9 °C o coeficiente linear, que é a temperatura inicial em que começou a marcar o tempo, ou seja, em 0,00 s.

Tabela 2.1 Tabela dos valores da temperatura como o passar do tempo, para 200 g de água, com o aparato experimental ligado.

T (°C)	t (s)
29,9	0
32,8	120
35,3	240
38,3	360
42,5	480
45,3	600
48,1	720
49,2	840

Figura 2.9 – Gráfico da temperatura T(°C) versus tempo t(s) confeccionado com o software SciDAVIS, com os dados da Tabela 2.1.



Fonte: o autor

Obtendo o valor da capacidade térmica do calorímetro, utilizando a equação (1.48)

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{Rk} - m_{\text{água}} c_{\text{água}}$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 (4,1866)$$

$$i = 2,1 \text{ A} \Rightarrow U = Ri = (6,7)(2,1) = 14,07 \text{ V}$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{(14,07)^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 (4,1866) = \frac{373,62 \text{ J}}{^{\circ}\text{C}}$$

Conforme apresentado na seção 1.2.8. Esse item foi acrescentado após aplicação.

Sugestão 1 - acrescida após a aplicação do PE: de posse da capacidade térmica do calorímetro, conhecido este, obter calor específico de um óleo vegetal, como o de soja, visto que a região agrícola no Paraná há grandes plantações de soja e usina de refinamento de óleo de soja, como apresentado no texto do manual de laboratório elaborado por Mukai e Fernandes (2018) e realizado na disciplina de Física Experimental II no Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá.

Sugestão 2 - Taxa de Decaimento Newtoniano⁸

⁸ Realizado no âmbito de um curso de Extensão ao professores do ensino médio no ano de 2015, no Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá. Evento financiado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT) CNPq, proposto por H. Mukai e P. R. G. Fernandes.

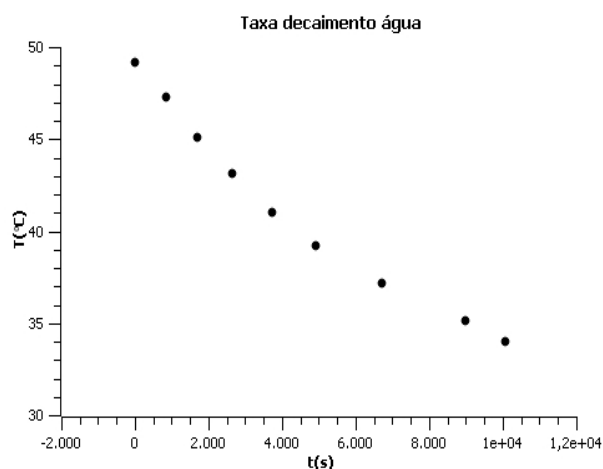
Após o aquecimento da água por meio do efeito Joule utilizando a bicicleta dinâmica, analisar se o fluido, no caso a água se obedece à lei de resfriamento de Newton ou não. Para isso, anote os dados da temperatura decrescendo de 2 em 2 graus, anotando o respectivo tempo. Exemplo de dados obtidos (Tabela 2.2) após ter sido realizada a opção 02 de calorimetria (Tabela 2.1). Confeccionando o gráfico apresentado na Figura 2.10 com os dados da Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Dados dos valores da temperatura como o passar do tempo, para 200g de água, com o aparato experimental desligado.

T (°C)	t(s)
49,2	0
47,3	840
45,1	1680
43,1	2640
41,0	3720
39,2	4920
37,2	6720
35,1	9000
34,0	10080

Fonte: o autor

Figura 2.10 – Gráfico da temperatura $T(^{\circ}\text{C})$ versus tempo $t(\text{s})$ confeccionado com os dados da Tabela 2.2.



O gráfico da Figura 2.10 possui um comportamento de uma exponencial decrescente⁹, que está de acordo com a lei de resfriamento de Newton, descrita pela equação

$$T = (T_i - T_f)e^{-kt} + T_f$$

em que, T é a temperatura do corpo em um determinado instante, T_i a temperatura inicial, T_f a final, k constante determinada experimentalmente que depende do que é feito o material, de sua massa e condutividade térmica, t o tempo de contato entre os corpos.

Observa-se que no decorrer do tempo a temperatura se aproxima da temperatura ambiente, diminuindo a diferença de temperatura, entrando no equilíbrio térmico, que será quando os dois corpos terão a mesma temperatura.

Esclarecendo que o aquecimento foi realizado de forma normal com um mini ebulidor, e não por meio do uso do aparato do presente trabalho.

⁹Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/intro.html>.

Sugestão 3 – Durante a execução do experimento sugere-se explicar o funcionamento de um motor e a Lei de indução eletromagnética no aparato experimental, mais especificamente no rotor automotivo.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.
 - **Aula 06**
- **Organização da turma:** padrão – atividade individual.
- **Introdução** - No início da aula relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ Aplicação do questionário avaliativo, Quadro 2.2, realizado por meio de um questionário objetivo com 10 questões, o mesmo utilizado anteriormente, sobre o tema energia, dentro dos princípios da mecânica clássica;
 - ✓ Após analisar o trabalho, preparou-se outro questionário, Quadro 2.4, que contém uma interpretação de uma notícia relacionada ao assunto de Energia no início, sendo as duas primeiras questões relacionadas com a referida notícia, as demais questões foram iguais. Esse questionário foi proposto para verificar se ocorreu um indicativo de aprendizagem significativa e aplicado em uma aula complementar.

Quadro 2.4 – Questões do questionário avaliativo complementar.

<p>NOME: _____</p> <p>IDADE: _____</p> <p>Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios.</p> <p>Leia o seguinte trecho da reportagem da Revista Exame, do dia 28/05/202: "<i>Há algumas semanas uma crise no abastecimento dos reservatórios de hidrelétricas no Brasil tem acendido alertas de risco energético para este ano. O país, que tem pressão crescente no setor de geração elétrica, terminou o período chuvoso em abril com os menores níveis dos reservatórios da região Sudeste/Centro-Oeste, a principal em termos de geração hidráulica de energia, para o mês desde 2015, quando o país também enfrentou crise hídrica severa. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai.</i>". Disponível em: <https://exame.com/economia/crise-no-setor-eletrico-brasil-corre-risco-de-falta-de-energia/>. Acesso em: 31 mai. 2021.</p> <p>1) De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:</p> <ul style="list-style-type: none">a) as chuvas são fontes diretas de energia elétrica.b) quando devidamente armazenadas, as águas das chuvas contêm energia elétrica.c) os reservatórios hídricos são fontes de energia potencial elétrica.d) os reservatórios hídricos são fontes de energia potencial gravitacional.e) os reservatórios hídricos são fontes de energia cinética.

2) De acordo com o trecho do texto "Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

- a) as termelétricas extraem a eletricidade estática dos combustíveis.
- b) os combustíveis utilizados nas termelétricas possuem energia elétrica armazenada.
- c) os combustíveis são fontes de energia potencial química.
- d) os combustíveis são fontes de energia potencial gravitacional.
- e) os combustíveis são fontes de energia cinética.

3) Sobre o Lei da conservação da energia em um sistema, assinale a alternativa correta, aprendidos com o uso da bicicleta na sala de aula, pode se afirmar que:

- a) Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.
- b) Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada devido às forças resistivas existentes.
- c) A energia total se conserva somente em um sistema ideal, em um sistema real isso jamais ocorre.
- d) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.
- e) Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.

4) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2 kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2 m de altura é de: Adote $g = 10\text{m/s}^2$.

- a) 10 joules
- b) 20 joules
- c) 30 joules
- d) 40 joules
- e) 50joules

5) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento. Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

- a) energia elétrica em energia térmica.
- b) energia elétrica em energia cinética.
- c) energia potencial química em energia elétrica.
- d) energia elétrica em energia potencial gravitacional.
- e) energia elétrica em energia potencial elástica

6) Usinas termelétricas produzem energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível e gás natural em uma caldeira, ou pela fissão de material radioativo (como o urânio). Assinale a alternativa correta que demonstra as conversões de energia realizadas por uma usina termelétrica:

- a) energia potencial química - energia térmica - energia elétrica
- b) energia potencial química - energia térmica - energia cinética- energia elétrica
- c) energia potencial química - energia elétrica
- d)energia térmica - energia elétrica
- e) energia potencial química - energia térmica

7) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

8) É impossível listar todas as transformações de energia existentes. Isso acontece porque toda energia que conhecemos é transformada de alguma forma. Dessa forma, em última instância, pode-se dizer que toda a energia do universo é conservada. Em seguida, apresentaremos algumas transformações energéticas comuns no nosso dia a dia. A transformação de energia é um conceito muito comum nas Ciências da Natureza. Esse fato da energia ser transformada possibilita a existência de diversas coisas do nosso cotidiano. Desde o carro, que transforma a _____ da combustão da gasolina em _____, até

uma lâmpada incandescente, que transforma a _____ em energia _____ e _____. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto acima:

- a) energia potencial química - energia potencial elástica - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
 - b) energia potencial elástica - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
 - c) energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia eólica
 - d) energia potencial química - energia cinética - energia térmica- energia luminosa - energia elétrica
- a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto acima:

- a) energia potencial química - energia potencial elástica - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- b) energia potencial elástica - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- c) energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia eólica
- d) energia potencial química - energia cinética - energia térmica- energia luminosa - energia elétrica

9) O resistor elétrico ou como, é comumente chamado, a resistência de um chuveiro elétrico é um componente cuja função é de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) *converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- b) *converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- c) *produz energia térmica por meio do efeito joule.*
- d) *converte energia elétrica em potencial térmica.*
- e) *converte a energia elétrica em choque elétrico.*

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

- a) *sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.*
- b) *as baterias e pilhas produzem energia elétrica e as usinas têm apenas a capacidade de convertê-la.*
- c) *na verdade, só as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*
- d) *Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias convertem outro tipo de energia em energia elétrica.*
- e) *Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica*

Fonte: o autor.

O gabarito das questões apresentadas no Quadro 2.4 é o apresentado no Quadro 2.5. Os comentários sobre as questões que não fazem parte a do avaliativo que foi igual ao questionário diagnóstico, estão apresentados no Capítulo 3, seção 3.2.

Quadro 2.5 – Gabarito das questões do questionário avaliativo complementar.

Questão	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Alternativa correta	D	C	A	D	B	B	A	E	A	D

Fonte: o autor.

Sugestão de aplicação dos questionários, diagnóstico e avaliativos, a serem realizados pelo *google* formulários ou Kahoot®(<https://kahoot.com/>), em que o resultado de acertos ou não é fornecido logo após o aluno responder.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas e respostas do questionário avaliativo.

Finalização da sequência didática: para avaliar se, e o que os alunos aprenderam corrigir o Questionário, e analisar as principais dúvidas e dificuldades levantadas pelos alunos nas dinâmicas. Além de dar um retorno aos alunos sobre o desempenho e dialogar sobre a aplicação do PE.

2.2 Relato da Aplicação do Produto Educacional

Neste momento, o presente trabalho delineará a discriminação das atividades e as orientações metodológicas que foram realizadas em cada aula decorrentes da aplicação do Produto Educacional, de forma sequencial.

Procurou-se estar sempre de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, desse modo, partiu-se do:

- “*Conceito Inclusor*”, ou seja, das ideias que já existiam na estrutura cognitiva dos educandos, como também pelos conteúdos “*factuais*”, buscando uma contextualização com o tema, partindo do meio em que se encontram, indo de acordo com a Prática Educativa de Antoni Zabala, em que
- passou-se por um processo de interação entre o material de aprendizagem à bagagem contextual trazida pelos educandos, momento conhecido como “*Inclusão Obliteradora*”, momento este que se trabalhou os conteúdos “*conceituais*”, situando os alunos a situações concretas do conteúdo a ser estudado, possibilitado pelos conteúdos “*procedimentais*, na montagem e utilização do aparato experimental e na utilização do raciocínio lógico matemático empregado na aula. Por fim, chegou-se aos resultados dos processos de inclusão obliteradora,
- a “*Assimilação*”, representada por meio do questionário avaliativo, onde foi possível verificar as percepções individuais, ou seja, a apropriação e a elaboração do conteúdo que constituem os conteúdos “*atitudinais*”, contudo, sempre seguindo as orientações das DCEB, da disciplina de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná.

Sabendo que, os pré-requisitos para o aluno ter um melhor aproveitamento das aulas a serem descritas, eram os conceitos da cinemática e dinâmica, como também, conhecimento de como elaborar um mapa conceitual, já haviam reiteradas tais ideias com os estudantes, antes

de iniciar todo o processo de aplicação do Produto Educacional.

Para uma melhor organização dos principais relatos de cada aula da aplicação do Produto Educacional descritos a seguir, dentre as três turmas trabalhadas, foi selecionado o 1ºA para a demonstração dos eventos, uma vez que esses foram realizados de mesma forma nas demais turmas.

É importante destacar que nessa fase da aplicação do Produto Educacional o mesmo ainda estava em processo de elaboração, principalmente no quesito metodológico que envolve todo o processo.

A decisão em aplicar o produto educacional, mesmo sem a conclusão do mesmo, foi tomada em conjunto por orientando e orientadora na perspectiva de que se realizasse a eficácia do aparato experimental e da metodologia escolhida, pois esperava-se que essa aplicação experimental teria a oportunidade de verificar quais os pontos que precisariam de ajustes e melhorias, visto que, esperava-se que no ano seguinte, já com todo o trabalho concluído, aplicá-lo novamente em 2020, o que não ocorreu, devido ao impedimento das aulas presenciais causado pela pandemia do vírus SARS-CoV-2, responsável pela doença COVID-19, popularmente conhecido como Coronavírus .

É importante destacar que, a aplicação mesmo sem a conclusão total do PE, pois ainda estava na sua versão preliminar, como aparato experimental em teste, por exemplo, não contava com o processo de homogeneização da água, a coleta direta de dados, entre outros, superava o processo metodológico que vinha sendo desenvolvido em sala pelo professor (orientando) nas aulas convencionais, e verificou-se que não causaria prejuízos para a formação dos alunos envolvidos.

2.2.1 Aula 01 - Apresentação do Produto Educacional e aplicação do Questionário Diagnóstico

Duração: 50 minutos.

Na aplicação do Produto Educacional, primeiramente apresentou-se para a turma o tema “Energia”, informando o cronograma do conteúdo (Quadro 2.1) a ser desenvolvido nas seis aulas previstas.

Nesse momento surgiram alguns questionamentos dos alunos, como “Vamos fazer prova, sem ter nem visto o conteúdo ainda?”, ou “O professor não avisou que teríamos prova hoje”, assim, esclareceu-se a todos(as) que esse questionário não era uma prova, mas que, apesar disso, o mesmo deveria ser realizado com muita seriedade, uma vez que as aulas

futuras e que o sucesso do trabalho seria influenciado pelo resultado desse questionário.

Posteriormente, foi solicitado aos alunos que preenchessem o questionário diagnóstico, o qual é composto de 10 questões de múltipla escolha no Quadro 2.2. As questões foram corrigidas conforme o gabarito apresentado no Quadro 2.3. No Anexo B apresenta-se como amostragem a prova realizada por um(a) aluno(a).

A aplicação do questionário durou 25 minutos, posteriormente apresentou-se a contextualização histórica conforme a seção 1.2.1. Usou-se o restante do tempo para relembrar os conceitos de trabalho de uma força (eq.(1.3)) e a relação direta que essa grandeza física tem com a energia.

2.2.2 Aula 02- Explicação do assunto e construção do Mapa Conceitual

Duração: 50 minutos.

Já com questionário diagnóstico corrigido e seguindo o previsto no Quadro 2.1, iniciou-se a aula de forma dialogada, incentivando a participação de todos os estudantes. Explicou sobre os conceitos iniciais do tema estudado, mencionando acontecimentos e fenômenos próximos a eles que fazem uma correlação com o assunto, o que abrange os conteúdos factuais sempre que possível e tentou-se obter informações do que eles já sabiam sobre os assuntos que tiveram dificuldade apresentadas no questionário diagnóstico.

Após a discussão dos conceitos iniciais sobre trabalho de uma força, potência e energia serem contemplados, sendo esses, a eq. (1.3),

$$W = Fd \cos\theta,$$

em que:

- \vec{F} e \vec{d} forem perpendiculares entre si, $\theta = 90^\circ \rightarrow W = 0$;
- \vec{F} e \vec{d} forem paralelos entre si, $\begin{cases} \theta = 0^\circ \rightarrow W = Fd; \\ \theta = 180^\circ \rightarrow W = -Fd. \end{cases}$

Lembrando que, $F = |\vec{F}|$ e de que $d = |\vec{d}|$. O conceito de potência dada pela eq. 1.44,

$$P = \frac{w}{\Delta t}.$$

Informando a taxa de variação do trabalho (energia) no tempo, e os conceitos de energia, sendo eles, a energia cinética (eq. (1.6)), energia potencial (equações (1.12) e (1.14) e energia mecânica (eq. (1.15)). Foi entregue uma cópia da estrutura do mapa conceitual, Figura 2.1 (b), para cada aluno. Enquanto o professor escrevia no quadro, os alunos preenchiam a estrutura para utilizar nas aulas posteriores, cada um ficou com uma cópia do mapa que elaboraram

juntos sobre orientação docente.

Ao continuar com a aula dialogada e obviamente sem fugir do assunto, direcionou-se a fala para os pontos que os estudantes tiveram mais dificuldades no questionário diagnóstico. Dessa forma, é importante se atentar que o mapa conceitual foi preenchido de acordo com uma sequência descendente, partiu dos conceitos mais gerais, passando pelos conteúdos intermediários e só depois chegou aos específicos, o que o oportunizou relacionar o assunto como outros conteúdos já trabalhados em sala no presente ano letivo, trazendo então os conteúdos conceituais.

2.2.3 Aula 03 - Demonstração das equações e conclusão do Mapa Conceitual

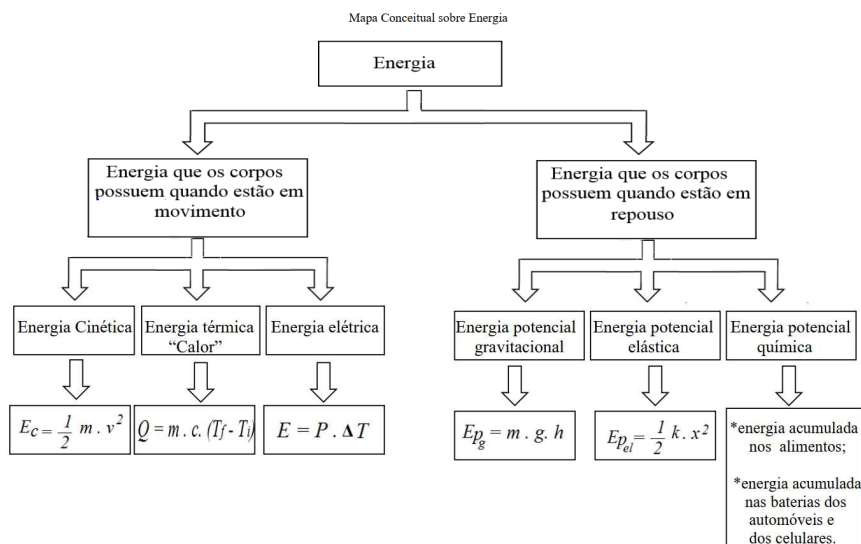
Duração: 50 minutos.

Ao iniciar a aula, realizou-se um retrospecto do que já fora trabalhado nas duas aulas anteriores, retomando assim o diálogo entre a turma e o professor. Dessa forma, ao recomençar a explanação e a exemplificação dos conceitos teóricos relacionados à energia, foi sendo preenchido mais um nível do mapa conceitual, no que diz respeito aos possíveis exemplos que possam representar as energias cinética e potencial, sempre seguindo as orientações do professor, de acordo com o mapa conceitual preenchido (Figura 2.11(a) e (b)).

Figura 2.11 – Imagem fotográfica do registro do (a) uso do mapa conceitual pelo autor (docente da turma) como uma ferramenta de ensino na aula 02 e 03; em (b) transcrição do mapa conceitual completo.



(a)

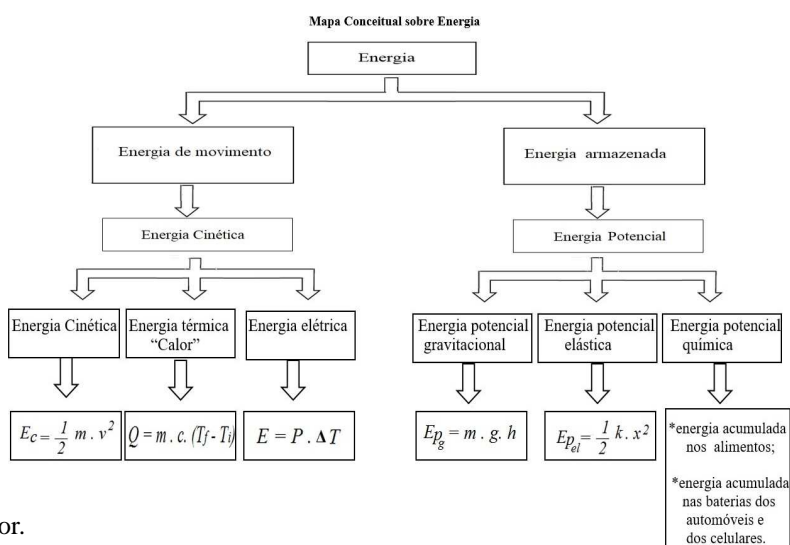


(b)

Fonte: arquivo do autor.

Após o término da elaboração do mapa conceitual em formato simples, pois não foram feitas mais conexões como o apresentado na Figura 1.4, visto que essa escolha era para ter como início o conceito de energia via trabalho realizado, dependendo da força que o realiza para o caso na mecânica. Os termos de ligação foram ditos e não escritos, o que não foi uma boa opção. Percebeu-se posteriormente ao analisar o mapa conceitual apresentado na Figura 2.11, que havia termos não adequados, feita a correção, o mapa final ficou como exposto na Figura 2.12.

Figura 2.12 – Transcrição do mapa conceitual corrigido posteriormente com os alunos.



Fonte: o autor.

Dessa forma, como já dito, uma vez que a proposta ainda estava em processo de lapidação, verificou-se a necessidade de acrescentar na referida aula a dedução das respectivas

equações que representam essas energias, para melhor fundamentar o mapa conceitual. Foram obtidas as equações: Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial elástica, essas são as equações apresentadas no Capítulo 01.

➤ **Energia Cinética (E_c)**

A eq. (1.7) também pode ser obtida no ensino médio, utilizando a equação da cinemática, dada pela equação de Torricelli¹⁰, obtém-se a aceleração de um corpo, representada na equação (1.8):

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x d. \quad (2.1)$$

Isolando a aceleração

$$a_x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}. \quad (2.2)$$

Substituindo a eq. (2.2) na segunda lei de Newton para quando a massa se mantém constante durante movimento,

$$F = ma_x = m \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}.$$

Substituindo na equação (1.3), considerando o movimento por um deslocamento d paralelo ao sentido da força, tal que $\theta = 0^\circ$,

$$W = Fd = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2. \quad (2.3)$$

Portanto, o lado direito da eq. (2.3) é o trabalho realizado por uma força no caso constante e, considerando a definição eq. (1.6), o lado direito da igualdade é a variação de energia cinética, obtendo a eq. (1.7), a saber,

$$W = \Delta E_c. \quad (2.4)$$

Sendo a energia cinética definida como:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2. \quad (2.5)$$

Assim, a expressão da energia cinética foi definida ao escrever a equação denominada de teorema trabalho-energia cinética, em que relaciona que trabalho com uma forma de energia em trânsito, o corpo deve estar em movimento. A equação (2.5)

¹⁰ Evangelista Torricelli (1608-1647) Físico e matemático italiano.

nos informa que ela é uma grandeza escalar que depende da massa do corpo e da intensidade de sua velocidade a cada instante do movimento.

Caso se queira obter a energia cinética média, a velocidade a ser utilizada será a velocidade média em um determinado percurso. Sua unidade no SI é o Joule, representada pela letra J, e no sistema gaussiano por ergs. A conversão de J para ergs é dada por $1 J = (10^3 g) \left(\frac{(10^2 cm)^2}{s^2} \right) = 10^7 g \frac{cm^2}{s^2} = 10^7 ergs$.

A equação (2.5) é utilizada em nível clássico, seja em mecânica, em que se consideram os corpos sem considerar suas dimensões, mas que toda a massa esteja concentrada no seu centro de massa; em termodinâmica no movimento das moléculas que compõem um material quando aquecido aumenta a agitação molecular e quando resfriado a agitação diminui. O que varia em seu uso é como obter a intensidade da velocidade que vai depender do sistema em análise.

Para os casos da energia potencial, foram apresentadas duas situações em uma configuração diferente da apresentada na Figura 1.6, em que a energia potencial gravitacional de um corpo está sendo lançado até uma altura h , pois na aula adotou-se a configuração Figura 2.13 (a) em que o corpo já possui uma energia potencial gravitacional e liberada de uma altura, e a elástica o movimento do sistema bloco-mola foi na horizontal e na aula na vertical Figura 2.13 (b).

➤ Energia Potencial Gravitacional (E_{pg})

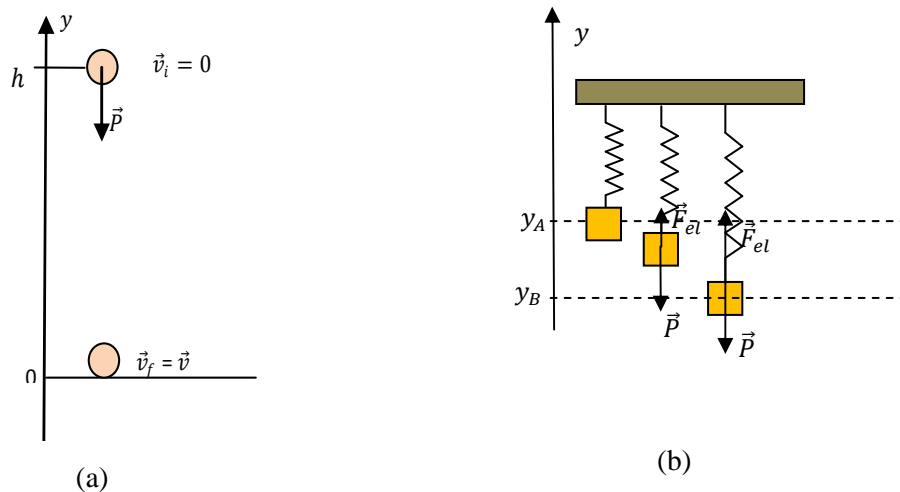
Tendo em vista que W é o trabalho realizado por uma força constante \vec{F} paralela e de mesmo sentido ($\theta = 0^\circ$) que o deslocamento \overline{AB} ($= d$), a equação

$$W = F d \cos\theta$$

considerando um determinado objeto de massa m , a uma certa altura h , em relação ao solo, Figura 2.2(a) a orientação positiva para cima, a força sendo a força peso está orientada para baixo, o deslocamento $d = y_f - y_i = 0 - h$, é dada por

$$W = -P(0 - h)\cos 0^\circ = -(0 - mgh) = -\Delta E_{pg}.$$

Figura 2.13 – Desenho esquemático da configuração de um corpo de massa m , (a) sendo liberada de uma altura h , e atinge o solo com uma velocidade \vec{v} . (b) em sistema massa-mola, sob a atuação da força peso e posteriormente da força elástica.



Fonte: o autor e H. Mukai.

A energia é a capacidade de produzir trabalho, definida como,

$$E_{pg} = mgh, \quad (2.6)$$

denominada de energia potencial gravitacional.

A equação (2.6) foi definida por meio do teorema trabalho-energia potencial, equação (2.5), válida para sistemas em que somente atuam forças conservativas, ou seja, o trabalho independe da trajetória. Assim, o trabalho total é nulo. O trabalho total nesse caso seria o corpo sendo lançado na vertical como na Figura 1.6(a), atingir a altura máxima e retornar ao seu ponto de partida (como a Figura 2.13 (a)).

A energia potencial gravitacional, como toda energia potencial, depende de um ponto de referência, no caso a altura h considerando a altura inicial a origem do sistema de coordenadas, dessa forma, a energia potencial gravitacional sofre variações de acordo com a altura h . Depende também da massa do corpo e da aceleração gravitacional que se mantém constante durante o movimento.

Assim como a energia cinética, a energia potencial também varia durante o movimento. No caso do exemplo da Figura 1.6 (a), o corpo diminui a energia cinética até zerar (quando o corpo atinge a altura e nesse ponto a velocidade é nula), e a energia potencial aumenta (atinge a altura máxima), e referente configuração da Figura 2.13 (a) ocorre o oposto, a energia cinética do corpo aumenta atingindo o solo com uma

velocidade máxima e a energia potencial diminui.

Posteriormente, apresentou-se de onde surge a definição da energia potencial elástica.

➤ **Energia Potencial Elástica (E_{el})**

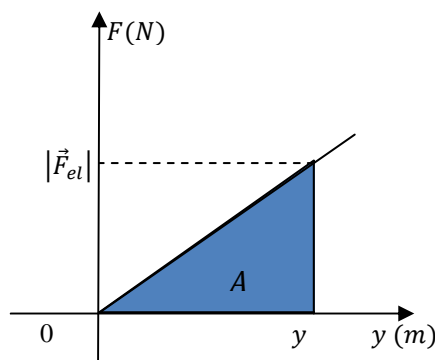
De acordo com a Figura 2.13 (b), tem-se a representação de uma mola, sendo que, na Posição A, a mesma se encontra na posição de equilíbrio, até a Posição B, sendo alongada por uma força $\vec{F} = \vec{P}$ (o bloco realizando trabalho sobre a mola). Ao atingir a posição B, atua uma força elástica obedecendo a Lei de Hooke,

$$F = -k\Delta y. \quad (2.7)$$

considerando $\Delta y = |y_B - y_A|$ a deformação sofrida pela mola ao retornar a posição de equilíbrio, e k a constante elástica da mola que depende do material da mola, da espessura do fio e da espira. Portanto essa força não é constante, ela varia com a posição, não sendo possível utilizar a equação (1.3) para uma força constante, teria que ser a equação (1.1).

Como a integral¹¹ não faz parte da ferramenta matemática dos alunos maioria no ensino médio e como o trabalho é dado pela área abaixo da curva de um gráfico da força versus o deslocamento, tem-se que o trabalho realizado pela força elástica para o bloco retornar à posição de equilíbrio é dado pela área A do gráfico, apresentado na Figura 2.14.

Figura 2.14 - Esboço do gráfico da força versus deslocamento sofrida por uma mola acoplada a um bloco (Figura 2.13 (b)) a partir da sua posição de equilíbrio, que obedece a Lei de Hooke. A área A equivale ao trabalho realizado pela mola sobre o corpo para retornar a posição de equilíbrio. As duas formas são equivalentes.



Fonte: o autor.

¹¹ Como feito para a configuração da Figura 1.6 (b), equação (1.13).

De acordo com a Figura 2.3 (a), tem-se que o trabalho é a área abaixo da curva de um gráfico força versus deslocamento, no caso da reta, em que a área é dada por,

$$A = \frac{(-ky)(0 - y)}{2}.$$

Assim a eq. (1.8) fica escrita como,

$$W = -\Delta E_{pel} = +\frac{k}{2}y^2.$$

A quantidade $\frac{ky^2}{2}$ é denominada de energia potencial elástica

$$E_{pel} = \frac{ky^2}{2}.$$

Sendo essa a energia acumulada na mola no ponto B, que realiza o trabalho para levar o bloco de volta a sua posição de equilíbrio.

De uma forma geral, o trabalho realizado pela força elástica para o bloco ir do ponto A até o ponto B será negativo, pois a força elástica e o deslocamento são antiparalelos, formando um ângulo de 180° , e será dado por:

$$W_{AB} = -\frac{ky^2}{2},$$

E o trabalho total para o movimento de oscilação da mola, sair do ponto de equilíbrio e retornar, é nulo. De forma que a força elástica é uma força conservativa.

Posteriormente foi demonstrada a relação entre as unidades de energia mais utilizadas, isto é, foram descritas as relações entre as unidades Joule e Caloria. Para a análise dimensional das grandezas físicas e das unidades de medida, utilizou-se o Sistema Internacional de Unidades (SI) e o Sistema Gaussiano¹² como base, dispondo essas informações nos Quadros 2.6 e 2.7.

Quadro 2.6 - Demonstração das Unidades Básicas do SI e Unidades derivadas do SI, que foram utilizadas no presente trabalho.

<i>Grandeza</i>	<i>Nome da unidade</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidades equivalentes</i>
Unidades básicas no SI			

¹² Nomeado como sistema cgs, tem como escolha o centímetro, a grama e o segundo como unidades fundamentais.

comprimento	metro	m	
massa	quilograma	Kg	
tempo	segundo	s	
corrente elétrica	Ampère	A	
temperatura	Kelvin	K	
Unidades derivadas no SI			
área	metro quadrado	m ²	
velocidade	metro por segundo	m/s	
calor específico	Joule por quilograma-Kelvin	J/kg.K	
força	Newton	N	Kg.m/s ²
Potência	Watt	W	J/s
diferença de potencial	Volt	V	J/C, W/A
Resistência elétrica	Ohm	Ω	V/A = kg·m ² ·s ⁻³ ·A ⁻²
Resistividade	Ohm · metro	Ω·m	kg·m ³ ·s ⁻³ ·A ⁻²

Fonte: YOUNG (Apêndice A . p.387, 2018).

Quadro 2.7- Unidades de medida que não pertencem ao SI, mas que podem a ser utilizadas no presente trabalho.

<i>Grandeza</i>	<i>Símbolo da grandeza</i>	<i>Nome da unidade</i>	<i>Símbolo da unidade</i>	<i>Equivalência para o SI</i>
comprimento	$\Delta S, h, d$	centímetro	<i>cm</i>	0,01m
		quilômetro	<i>Km</i>	1000m
massa	m	grama	<i>g</i>	0,001Kg
		tonelada	<i>t</i>	1000kg
tempo	$t, \Delta t$	minuto	<i>min</i>	60s
		hora	<i>h</i>	3600s
temperatura	$\Delta T, T$	graus Celsius	°C	$K - 273,15$

velocidade	v	quilômetro por hora	Km/h	$0,278m/s$
calor	Q	caloria	cal	$4186J$
calor específico	c	caloria por grama- graus Celsius	$cal/g^{\circ}C$	$4186 J/kg.K$
Capacidade Térmica	C	Caloria por graus Celsius	$cal/^{\circ}C$	$4186 J/K$

Fonte: o autor

2.2.4 Aula 04 - Montagem, apresentação e utilização do aparato experimental e coleta de dados

Duração: 50 minutos.

Nesta aula realizou-se a interação com a turma por meio de um retrospecto das aulas anteriores, assim, com a ajuda dos alunos e supervisão constante do professor, iniciou-se o processo de montagem do aparato experimental, ou seja, colocou-se a bicicleta no suporte. Encaixou o plugue do alternador, associou o multímetro em paralelo ao resistor elétrico do calorímetro. Colocou o termômetro no calorímetro e, por fim, colocou os plugues de engate rápido na bateria, cuidando para que primeiramente coloca-se o conector do fio vermelho no polo positivo da bateria.

Na sequência, foi explicada toda a montagem do aparato experimental à turma, deixando claro que a finalidade de todo o conjunto era demonstrar algumas conversões de energia, obter alguns valores de medida experimentais, como também, foi dito que a participação efetiva deles, seja na utilização ou na coleta de dados, era imprescindível para o sucesso da aula. Uma vez apresentado o aparato experimental, foram explicados todos os princípios de funcionamento de cada instrumento que o constitui, deixando, é claro, um suspense, não revelando todo o processo de conversão que iria ocorrer.

Para demonstrar como se utiliza o multímetro para medir a resistência do resistor elétrico de chuveiro utilizado no calorímetro, sob orientação do docente, foi colocado o seletor na escala de Ohm (Ω), e com os fios devidamente conectados nos terminais do multímetro, colocou-se uma ponta em cada extremidade do fio, e os alunos mediram o valor da resistência elétrica, que apresentou um valor de $6,2 \Omega$.

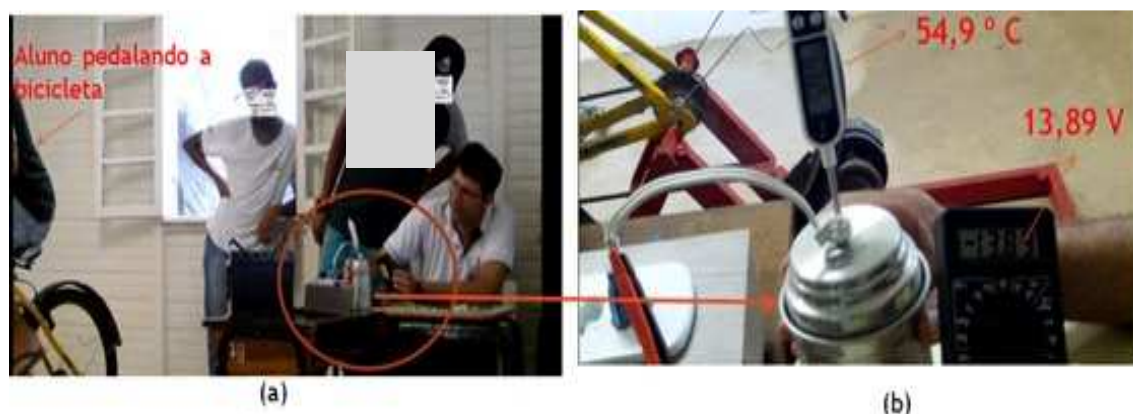
Sempre com a ajuda dos alunos, fazendo com que eles se envolvessem ao máximo

com a aula, foi solicitado a um deles que com o auxílio de uma balança digital coletasse 100 g de água à temperatura ambiente e com a ajuda de um termômetro verificou-se que essa temperatura (T_i), era de 28,3 °C colocando-a no calorímetro. Em seguida, ligou o multímetro em paralelo o resistor elétrico e o seletor na função “V na escala de medição até 20 V”. Conecta-se o plugue do fio que vem do resistor elétrico na tomada 01.

Logo após, solicitou-se voluntários para pedalar, prontamente os alunos da turma selecionaram três integrantes para revezarem na hora de pedalar, e um integrante da turma subiu na bicicleta. Nesse momento o professor, diante da mesa que continha a chave de três posições, Figura 2.4, posicionou a chave da posição 01 para a posição 02, para “excitar” o alternador (luz da mini lâmpada acende) e solicitou que o primeiro aluno começasse a pedalar e que estabelecesse uma cadência¹³ confortável e em seguida, após a permissão do aluno, (luz da mini lâmpada apaga) colocou-se a chave na posição 3, para que a energia transformada pelo alternador fosse direcionada diretamente para a tomada 01 onde está conectado o plugue do resistor elétrico.

Os alunos se revezaram para pedalar quando sentiam o cansaço físico, de acordo com o combinado deles, assim, todas as vezes que a roda da bicicleta parou de rodar, voltava-se a chave na posição 02 e trocava-a para a posição 03 após a retomada do giro da roda da bicicleta. A Figura 2.15 (a) ilustra o registro de um dos alunos pedalando na bicicleta. Os demais alunos acompanhavam a execução do experimento.

Figura 2.15 – Imagem fotográfica do registro do funcionamento do aparato experimental em (a) com a participação dos alunos e em (b) uma ampliação do termômetro e multímetro indicando os dados aferidos na execução.



Fonte: arquivo do autor.

Para estabelecer o valor da tensão a ser usada nos cálculos futuros, conforme

¹³ Velocidade da pedalada.

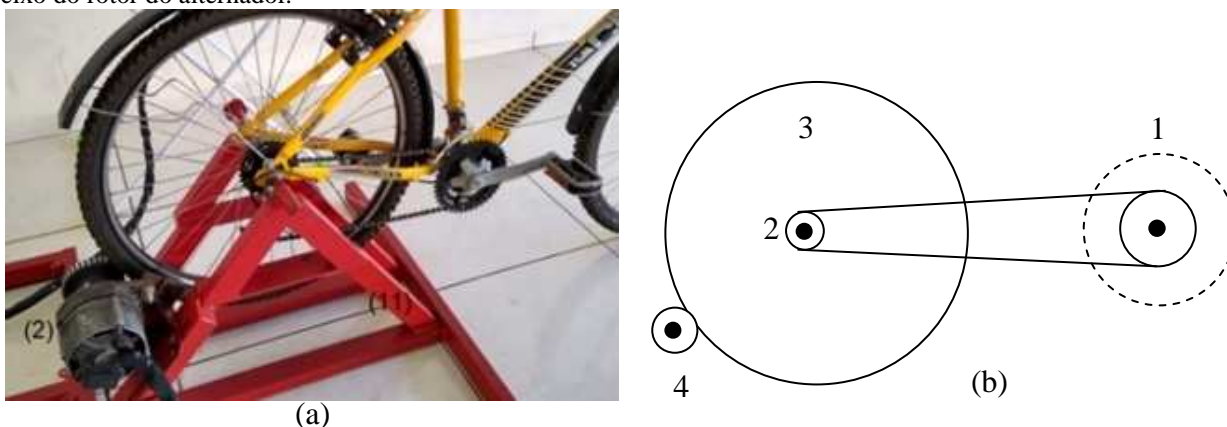
indicado na Figura 2.15 (b), usou-se uma medida de tendência central e cadência constante, cujo valor foi de 13,8 V, pois foi o valor que mais apareceu no multímetro quando a roda da bicicleta girava. Devido à formação ineficiente de correntes de convecção na água a ser aquecida no interior do calorímetro, e como ainda não estava instalado o agitador no calorímetro, a homogeneização da água ocorreu de forma manual, assim, no decorrer da utilização do aparato experimento estipulou-se chegar a 60 °C, chegando então à 63 °C, o que demorou 492 segundos (8,2 minutos), um intervalo de tempo condizente com o tempo da aula.

Após a utilização do Aparato Experimental, com um valor médio estipulado da tensão elétrica (13,8 V), do tempo da experimentação (8,2 min.) e das temperaturas inicial de 28,3 °C e final da água de 63°C, realizou-se um diálogo com a classe, discutindo e fazendo-os entender toda a ideia de funcionamento do mecanismo.

Conduzindo os alunos a perceberem que a energia química oriunda dos alimentos será convertida em calor e em energia cinética por meio do movimento do pedal que está conectada à roda da bicicleta e esta vai girar o eixo do rotor do alternador, Figura 2.16, vindo a transformar energia mecânica (cinética) em energia elétrica e por fim em energia térmica por meio do efeito Joule. Ou seja, deixando bem claro a eles que o alimento do café da manhã ingerido por eles, indiretamente foi o que aqueceu essa quantidade de água.

Observando a Figura 2.16 (a), a catraca está ligada ao disco do eixo do pneu por meio da corrente, e esse irá girar o pneu traseiro da bicicleta que, por fim, em contato com o disco do eixo do alternador, irá girar o rotor, tendo assim vários discos conectados, como ilustrado no desenho da Figura 2.16 (b).

Figura 2.16 – (a) Imagem fotográfica de parte do aparato experimental, a bicicleta apoiada no mancal (1), onde está o alternador (2), pneu traseiro e pedal. (b) Desenho esquemático indicando as ligações de discos no movimento da bicicleta dinâmica. (1) a coroa a sua volta o pedal cujo giro está indicado em tracejado, (2) o eixo a catraca conectado no eixo do pneu traseiro da bicicleta (3), e esse encostado (4) no eixo na parte externa do eixo do rotor do alternador.



Fonte: (a) arquivos do autor, (b) o autor.

Portanto, para saber a velocidade com que o eixo do rotor gira para converter a energia mecânica em elétrica, teria que saber a velocidade de rotação da roda traseira, e essa a velocidade da catraca, que está conectada à coroa, ambos dependem do número de dentes que cada disco possui e tudo isso depende da velocidade com que se pedala. Discussão essa feita na seção 2.2.11 da dificuldade de obter os parâmetros de forma experimental para calcular essa energia.

Lembrando que na aplicação poderia ser trabalhada a energia cinética de rotação, citada na seção 1.2.4, $E_{CR} = \frac{1}{2}I\omega^2$, sendo I o momento de inércia do corpo em rotação, assim, para obter teria que utilizar o teorema do eixo paralelo, pois a bicicleta está parada, somente a roda traseira gira. A dedução da equação da energia cinética de rotação e a discussão do movimento de rotação do pneu estão apresentadas no Apêndice A.

Posteriormente à aplicação do PE, a ideia é continuar a explorar o uso deste aparato experimental, desta forma, uma das propostas é incluir uma parte mais específica, determinando a quantidade de calor consumidas pela pessoa que irá pedalar, relacionando assim também com a Biologia.

2.2.5 Aula 05 - Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energias, elétrica e térmica, envolvidas e discussão dos resultados quantitativos

Duração: 50 minutos

Iniciou-se a aula com o diálogo com a turma, realizando uma retomada dos conceitos que foram trabalhados nas aulas anteriores, focando no Mapa Conceitual e no uso do aparato experimental do Produto Educacional, ressaltando que a energia pode se manifestar em vários formatos, e quais foram possíveis de observar na sala de aula.

Com os dados da aula anterior, foram feitos os seguintes cálculos no quadro (Figura 2.17).

Figura 2.17 - Imagem fotográfica do autor desenvolvendo os cálculos para determinar a quantidade de energia elétrica dissipada pelo resistor.



Fonte: arquivo do autor.

➤ Determinação da Quantidade de energia elétrica média dissipada¹⁴

Iniciando pela definição de potência em termos de trabalho

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Como trabalho é uma forma de energia, e no caso a potência é também dada pela equação escrita em termos da tensão U e da resistência R , ou seja,

$$P = U^2/R$$

Como há uma resistência R envolvida, sabemos que há dissipação de energia. Portanto, o trabalho é a energia dissipada pelo resistor em forma de calor (Efeito Joule), no intervalo de tempo ($\Delta t = 492$ s) que levou para aquecer a água de $28,3$ °C até a temperatura de $63,0$ °C, dada por,

$$E_{dissipada} = \frac{U^2}{R} \Delta t = \frac{13,8^2}{6,2} 492 \text{ J}$$

$$E_{dissipada} = 15.112,34 \text{ J}$$

Portanto, a quantidade média de calor dissipada foi de $15.112,34$ J para uma potência de $30,72$ W.

Além disso, com os valores coletados na Aula 04, foi determinada a Quantidade de

¹⁴Foi deduzida a equação (1.48(a)) em que no lugar de calor, foi escrita como energia dissipada.

Calor recebido pela água durante esse tempo por meio da equação (1.28), que é diferente da equação a ser utilizada na versão final da Proposta Didática do Produto educacional, uma vez que neste momento não se preocupou com a capacidade térmica do calorímetro, a preocupação no momento da aplicação sobre energia foi concentrada no efeito Joule (quantidade de calor dissipada) e que a quantidade de calor que a água recebeu. Assim, o calor foi à quantidade de energia que transitou do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura de forma espontânea.

➤ **Determinação da quantidade de calor média absorvida pela água**

Utilizou-se a equação (1.28) escrita na forma,

$$Q_{\text{água}} = mc_{\text{água}}(T_f - T_i)$$
$$Q_{\text{água}} = (100g) \left(4,186 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \right) [(63 - 28,3)^\circ\text{C}]$$
$$Q_{\text{água}} = 14.525,42 \text{ J}$$

Portanto na média, dos 15.112,34 J dissipados pelo resistor elétrico, 14.525,42 J foi utilizada pela água, os 586,92 J restantes, que equivale a quase 4 % de diferença, foram para o calorímetro e para o ar em seu interior. Podendo também ter dissipado para o ambiente pela tampa não estar isolada termicamente.

Com os resultados, foi realizado um importante diálogo com a turma, fazendo-os entender que apesar dos resultados serem de valores diferentes, o Princípio da Conservação da energia sempre prevalece, pois ela é um evento da natureza. Nesse momento, verificou-se que o resultado da quantidade de calor foi menor do que a quantidade de energia elétrica, assim, juntamente com os alunos, levantando as hipóteses para a dissipação dessa energia ao longo do processo.

Muitos deles perceberam que o calorímetro absorveu e liberou para o ambiente uma boa parte do calor convertido pelo resistor. Assim, uma vez sabendo que não havia realizado o cálculo da capacidade térmica do calorímetro, o que foi revisto na revisão da proposta didática final, foi deixado claro em sala que o calorímetro realmente absorveu o calor dissipado pelo resistor elétrico para a água e que essa quantidade de calor poderia ser determinada.

As questões referentes ao questionário diagnóstico abordando as questões sobre motores, o funcionamento do alternador automotivo e a usina hidrelétrica de Rosana que envolvem a lei de Indução de Faraday, ficou para ser aplicado quando os mesmos alunos

estivessem vendo o assunto, o que não houve tempo devido ao isolamento social em virtude da pandemia do vírus SARS-CoV-2.

2.2.6 Aula 06–Finalização da aplicação do Produto Educacional

Duração: 50 minutos.

Foi solicitado aos alunos que mantivessem as carteiras em fileira e respondessem o questionário avaliativo (Quadro 2.2) e o gabarito (Quadro 2.3). O questionário avaliativo foi o mesmo questionário objetivo com 10 questões, do questionário diagnóstico, sobre o tema energia, dentro dos princípios da mecânica clássica;

Comunicou-se aos alunos que o respectivo questionário era uma avaliação, ou seja, a nota do mesmo iria contabilizar para a formação da média de cada um na disciplina de Física, como também possibilitar uma possível emissão de juízo do que aprenderam, contemplando os conteúdos atitudinais.

O motivo dessa comunicação é que esse conteúdo já iria ser ministrado de forma tradicional, somente baseado no livro texto, uma vez que o assunto já fazia parte do currículo a ser estudado, assim, optou-se por ministrar por meio de um aparato experimental, oportunizando que os cálculos fossem feitos com os dados obtidos por eles, contando ainda com a questão da transposição didática, trazendo como exemplo o conhecimento do cotidiano com o da sala de aula para o processo de ensino-aprendizagem.

Para a resolução do questionário foram utilizados 33 minutos da aula para que todos(as) terminassem. Assim, ao reelaborar a Proposta Didática, verificou-se que poderiam ter sido utilizados os 15 minutos iniciais da aula para realizar uma breve explanação do que foi trabalhado desde o início da aplicação do Produto Educacional, e relembrar, de forma geral, os processos ocorridos em cada aula, como também realizar para a classe uma simulação interativa, disponível na Plataforma PhET, intitulada de “Forma de energia e Transformações”, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html, como já sugerido no texto do PE, deixando-os dizer quais são os tipos de energias presentes em cada situação.

2.2.7 Aula 07 – Aula complementar

Duração: 50 minutos.

Embora tenha sido finalizado a aplicação do PE com o questionário avaliativo que é o mesmo do diagnóstico, após 1 ano, com parte dos alunos que participaram da aplicação do PE, agora no terceiro ano do ensino médio, aplicou-se um questionário que contém 3 questões iniciais diferentes ao já aplicado, Quadro 2.4, e o gabarito apresentado no Quadro 2.5, para analisar se houve uma aprendizagem significativa. Esclarecendo que o formato de múltipla escolha foi por praticidade na correção, mas foi avaliado juntamente com comentários e discussões feitas com os alunos, para fazer sua análise.

A ideia de aplicar após tanto tempo foi devido o autor do presente trabalho não ter tido condições de aplicar antes, pois deveria cumprir com o conteúdo que estava sendo ministrado durante o período de isolamento social. O fato do mesmo ter tido um atraso na redação da dissertação, aproveitou-se que 18 alunos que haviam participado se dispuseram a responder o questionário pelo *google* formulários.

2.3 Impressões do autor

Relato que o fato de ter realizado essas aulas por meio dessa SD, mesmo que não totalmente completa, teve resultados positivos, com alunos mais participativos, compreendendo sobre energia, suas formas e como ocorrem as transformações de energia envolvida no sistema, além da aplicação das equações com dados coletados por eles e tudo relacionado com o cotidiano dos mesmos.

Considero importante o papel do MNPEF, pois não basta construir algo para ser utilizados em aula, a forma de explorar de forma organizada e o conhecimento de outras ferramentas didáticas, como os simuladores (que utilizei depois), tornam a aula mais rica tanto no ensino como na aprendizagem. Além do conteúdo sobre Física, o MNPEF permitiu ter uma visão mais ampla sobre o conteúdo, e ao redigir a presente dissertação ainda foram detectados, com a participação da minha orientadora, muitos outros pontos que podem ser explorados.

Em busca de analisar a aplicação do Produto Educacional de forma mais qualitativa, tentando então verificar mais indícios de uma Aprendizagem Significativa, a seguir apresento um relato diagnóstico, sendo esse basicamente uma narrativa dos detalhes mais pertinentes das interações dos alunos durante as aulas ministradas.

A interação aluno/professor iniciou-se basicamente no momento em que se inicia a elaboração do mapa conceitual, pois foi nesse respectivo momento que se teve as informações verbais oriundas dos mesmos. Momento que ficou marcado pela possibilidade de reunir todas

as contribuições e apontamentos feitos pelos alunos de forma sistematizada no mapa conceitual, o que possibilitou, por meio do diálogo com aqueles ali presentes, a fundamentação teórica de cada tipo de energia discutida.

Dos apontamentos iniciais feitos pelos estudantes, o mais relevante a ser citado é que ao serem interrogados sobre os conceitos de energia, se já conheciam algum tipo de energia, esses responderam que “sim”. Na sequência, foi então perguntado quais os nomes que conheciam, e alguns responderam “Energia cinética”, “Energia térmica”, “Energia Potencial”, “Energia química”, e a maioria “Energia Elétrica”, deixando claro que para alguns deles, em algum momento da sua vida no âmbito escolar, já tiveram o contato de forma sistematizada com o tema a ser trabalhado. No entanto, quando foram questionados sobre a definição, ou de que se tratava cada forma de energia que citaram, não conseguiram responder, deixando a possibilidade de uma interação aluno/professor acontecer, por meio do diálogo, sistematizando e fundamentando cada uma dessas energias.

Lembrando que o público alvo são alunos não somente local, mas alunos que residem no internato da instituição, a origem inclui alunos de outros estados, como Mato Grosso e São Paulo. A forma de distribuição por série está ligada a esse fato e aos núcleos regionais de ensino (NRE) que pertencem os locais de origem, sendo essa descrição de forma geral entre as 3 séries em que foram aplicadas o PE.

As aulas seguintes sempre iniciaram com uma retomada dos conteúdos trabalhados nas aulas anteriores e no início da terceira aula que contempla essa sequência didática, ao realizar a retomada do conteúdo, os alunos tiveram uma participação mais ativa, pois conseguiram demonstrar boas lembranças do que viram na aula anterior, além disso, no decorrer da aula, a todo momento foram citando de forma bem clara as formas de energia que já haviam sido trabalhadas de forma sistematizada, como também, eles demonstraram o domínio da simbologia empregada nas grandezas e unidades físicas a serem utilizadas, comprovado por meio do diálogo com a turma no momento em que se realizou a fundamentação teórica para o fechamento do mapa conceitual proposto.

Na quarta aula dessa aplicação, em que o protagonista foi o aparato experimental, os alunos demonstraram-se bem focados para entender o seu funcionamento, sem a necessidade de chamar a “atenção” para aula ou conversas paralelas, deixando claro que o que estava ali disposto diante deles fez surgir uma curiosidade a ponto de se concentrarem na aula de forma espontânea. Nas aulas tradicionais isso não ocorria sem que o docente interviesse. Fizeram questão de participar da montagem inicial, da coleta da água e da medição da temperatura da

mesma e também foi possível perceber certa “ansiedade” por parte deles no momento da utilização da “Bicicleta Dinâmica”, tudo isso verificado pelos olhares e movimentações em torno do aparato, como também pela “animação” para a utilização do mesmo quando iam se revezando e por perguntas pertinentes como: “A água está esquentando, Professor?”.

Durante o processo de pedalar pelos alunos da turma de forma revezada, os demais se posicionaram próximos à mesa onde estava o calorímetro e o multímetro, acompanhando a evolução dos dados experimentais de temperatura e tensão. Após esse momento, eles também participaram intensamente do gerenciamento dos dados “produzidos” e abrindo uma discussão para os fenômenos físicos ocorridos, uma vez que estavam opinando, tornando-se então os personagens principais da aula, visto que o diálogo era proporcionado pelos mesmos, o que oportunizou o direcionamento para as conversões de energia que ali aconteceram. Isso direcionou à uma sala de aula invertida em que o protagonista passou a ser o aluno e não o docente.

Em outro momento, durante a quinta aula dessa aplicação, ao retomar os conceitos anteriores, a lembrança da aula anterior era bem nítida, uma vez que eles lembravam das conversões realizadas, e inclusive do tempo gasto da pedalada, como também questionaram o tempo das outras turmas, ou seja, estavam motivados pela competitividade. Além disso, ao realizar o uso dos dados, estavam ali participativos, interessados nos processos matemáticos que envolviam o conteúdo, ou seja, mais uma vez, em nenhum momento foi necessário “chamar a atenção” dos alunos.

Deste modo, ao longo do processo de análise e da interpretação dos resultados obtidos experimentalmente, a classe estava sempre muito presente, seja em suas contribuições, ou em explorar os resultados, expressos em comentários como “Perdeu um pouco né, Professor”, ao se verificar que os resultados da energia térmica eram um pouco menor do que da energia elétrica e, obviamente, já se teve a oportunidade de corrigir tal fala, expondo de forma dialogada que não se “perde”, mas se converte em outro tipo de energia ao longo do processo, uma vez que o aparato experimental não é ideal. Em outro momento, abriu-se a discussão para analisar todo o contexto questionando onde estava a energia química, primeiramente afirmou-se que era na bateria, após um determinado direcionamento, os mesmos vieram a analisar que também tal energia estava armazenada nos alimentos e, quando se tem esse entendimento, surgem expressões verbais, quase que involuntárias, como “ Ah! entendi”, ou fechamento de frases realizadas pelo professor, como a “ A energia elétrica se converteu em...” e o aluno fecha a sentença dizendo “... energia térmica”.

As situações descritas anteriormente comprovam o envolvimento que os alunos tiveram com a aplicação do Produto Educacional, uma vez que em todo momento estavam ali motivados e muito participativos, e em nenhum momento, como já citado, foi necessário chamar a atenção, seja por uma possível distração, ou até mesmo pela indisciplina em sala.

Praticamente mais de um ano depois, esses já estavam cursando o 3º Ano do EM, em uma aula ministrada de forma remota, motivado pela pandemia devido ao vírus SARS-CoV-2, foi questionado aos alunos se lembravam da “bicicleta” que foi utilizada no 1º Ano do EM e qual tema ela trabalhava, responderam prontamente que sim, surgindo expressões como “Falava de energia né, Professor?”, ou “Agora lembrei, tinha um negócio dentro do copinho que esquentava quando pedalava”, ou expressões mais conceituais “Falava do efeito Joule”, o que comprova que o aparato experimental “Bicicleta dinâmica” trouxe “marcas” na memória desses indivíduos.

Portanto, após análise das expressões utilizadas, o comprometimento com as propostas a serem realizadas, os questionamentos, o interesse, a curiosidade e a participação efetiva em todas as aulas nos traz a ideia da eficácia qualitativa da aplicação da sequência didática, e as afirmações e complementos que os alunos fizeram ao longo de todo o processo deixam indícios de uma Aprendizagem Significativa, deixando evidente o alinhamento com a proposta do presente trabalho.

Sobre quem é o docente Mario, no Apêndice C encontra-se o currículo Freire (CAPES) com o seu perfil profissional, que é o autor do presente trabalho.

3. Resultados e Análise dos Resultados

Neste capítulo será apresentada a análise das respostas dos alunos dadas no questionário avaliativo e diagnóstico como um dos parâmetros de como foi o aproveitamento de aprendizagem com a aplicação do produto educacional aqui proposto.

3.1 Análise das Respostas dos Questionários, Diagnóstico e Avaliativo

A estatística de questões respondidas corretas (em azul), incorretas (em laranja) e não respondidas (em cinza), estão apresentadas em gráficos em formato de disco para cada turma. Os participantes foram alunos do primeiro ano, sendo: Turma A com 23 alunos, Turma B com 31 alunos, e Turma C com 26 alunos.

A análise foi feita em relação ao índice das questões com respostas corretas, primeiramente por questão (3.1.1 a 3.1.10) e posteriormente de uma forma geral (3.1.11).

3.1.1 Questão 01

A energia potencial gravitacional e a energia cinética de um corpo dependem respectivamente:

- a) da massa do corpo e da velocidade do corpo
- b) da aceleração do corpo e da massa do corpo
- c) da altura do corpo e da velocidade do corpo
- d) da altura do corpo e da massa do corpo
- e) da potência do corpo e da velocidade do corpo

Energia potencial gravitacional

$$E_{pg} = mgh$$

Energia cinética

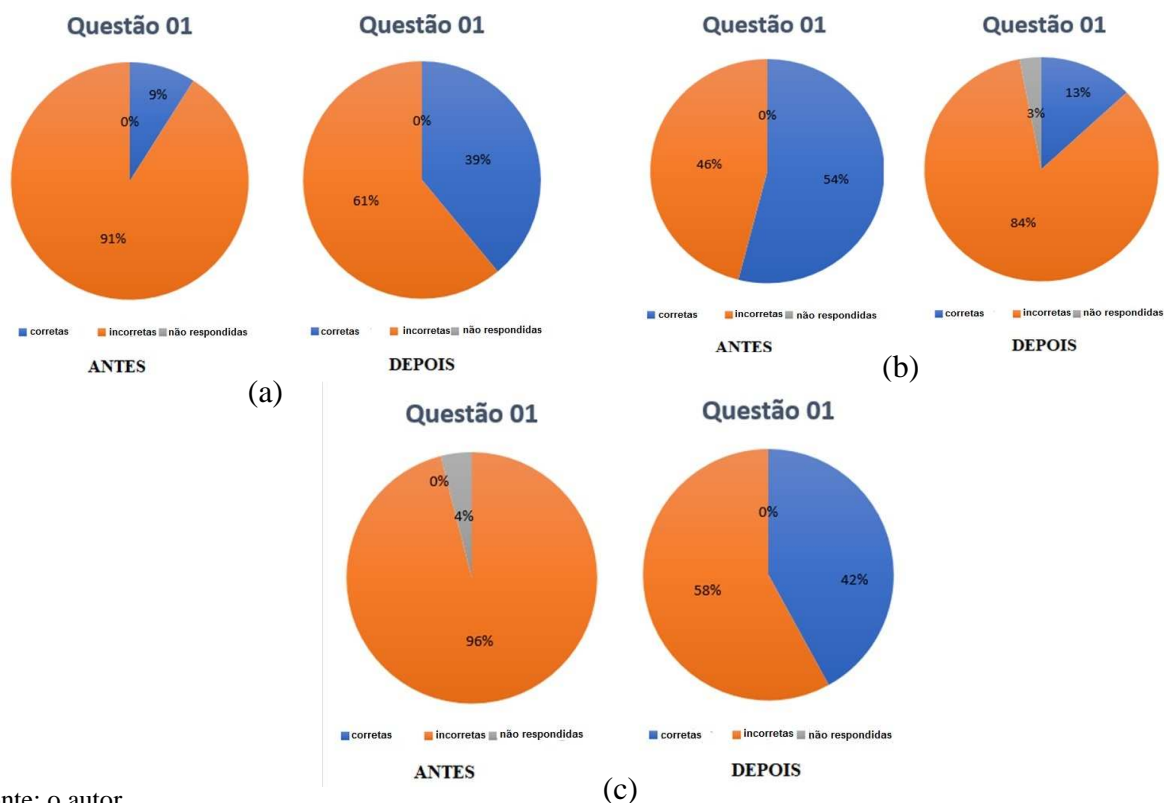
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

➤ **Análise da Questão** - O mapa conceitual (Figura 2.11) foi apresentado e obtido por meio dos teoremas trabalho-energia, em aula as equações, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ (energia cinética) e de que $E_{pg} = mgh$ (energia potencial gravitacional). Ambas dependem da massa que se mantém constante durante o movimento, logo, a resposta correta é a letra c. Lembrando que o mapa readequado foi apresentado na Figura 2.12.

➤ **Análise da estatística de respostas corretas na Questão 1**

A estatística de respostas respondidas antes e após a aplicação do PE está apresentada na Figura 3.1 (a) a (c), de acordo com sua respectiva turma A, B, e C.

Figura 3.1 - Resultados da questão 01, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

Na Figura 3.1 observa-se a Turma A com 9% de acerto antes da aplicação do PE, após teve 39% de acertos, uma evolução de 30%. Na Turma B ocorreu uma anomalia, tinha 54% de acertos e após a aplicação do PE para 13%, uma redução de 41%, o que é bem significativo. Por fim, a Turma C sem nenhum acerto inicialmente atingiu 42% após a aplicação do PE.

Analisando as respostas da Turma B após a aplicação do PE, em que a maioria respondeu como correta resposta, a) massa e velocidade. Portanto acreditamos que a confusão ficou por conta da energia potencial, e esse fato pode estar relacionado por terem escrito no primeiro mapa conceitual que a energia potencial se referia a corpos parados, e não relacionaram com a variação da posição. Fato este corrigido posteriormente.

3.1.2 Questão 02

Em um motor de carro, a **energia** _____ do combustível é convertida em **energia** _____. Essa energia liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, **energia** _____.

Assinale a alternativa que preenche **corretamente** as lacunas:

a) potencial eólica – potencial térmica – cinética

b) potencial química – térmica – cinética

c) cinética orgânica – cinética – térmica

d) potencial elástica – potencial gravitacional – cinética

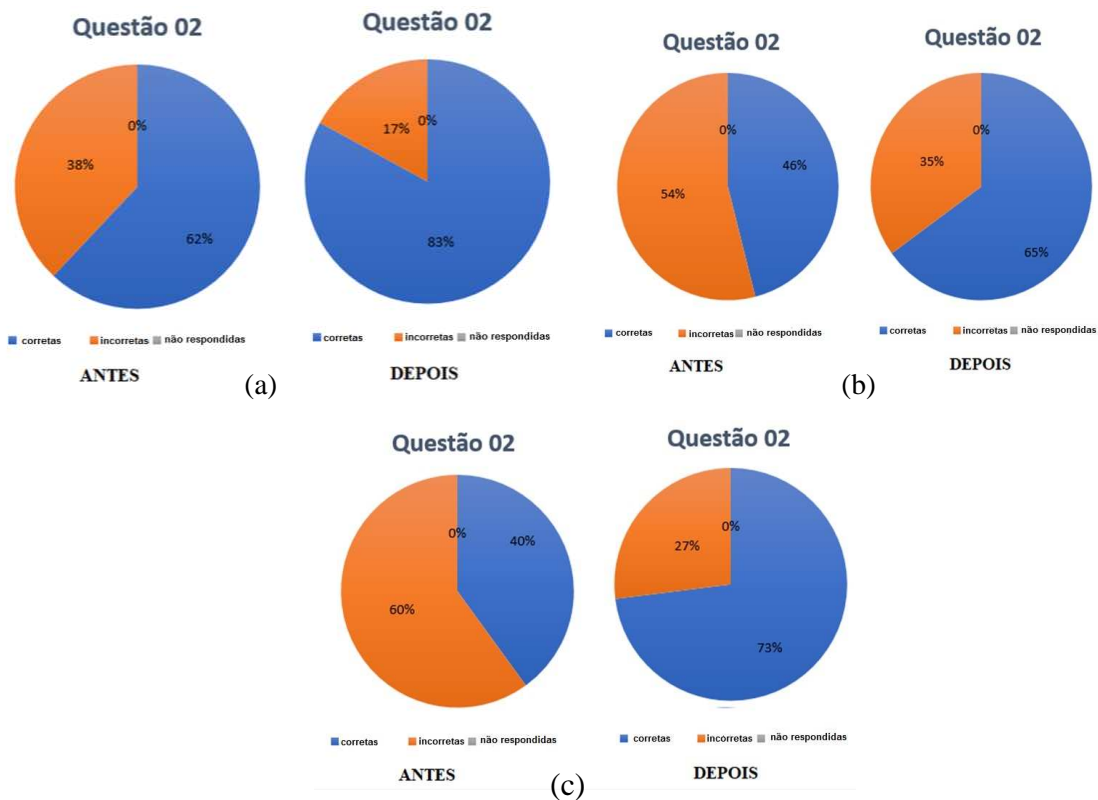
e) potencial química – térmica – elétrica

➤ **Análise da Questão** - A questão trata da transformação de energia relacionada ao funcionamento de um veículo, em que a energia potencial química, que é uma energia armazenada nas ligações químicas e quando ocorre quebra das ligações ela é liberada, como no processo de combustão. O organismo também armazena a energia provinda dos alimentos em forma de calor, que usamos em forma de movimento, no caso a cinética. O análogo ocorre no processo da questão 2, o combustível é o alimento do veículo que se transforma em térmica (calor) e depois em movimento (cinética), e a resposta correta é a letra b).

➤ **Análise da estatística de acertos**

Na Figura 3.2 apresenta-se a estatística de dados das respostas dos alunos em cada turma antes e após a aplicação do PE.

Figura 3.2- Resultados da questão 02, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

Observa-se na Figura 3.2 que após a aplicação do PE as respostas corretas da Turma A foi de 62% para 83%, teve uma evolução de 21%, a Turma B (46% para 65%) de 19% e a Turma C (40% para 73%) de 33%, e nenhum deles deixou de responder. O que indica que a maioria compreendeu a transformação de energia química para térmica e desta para a mecânica em termos da cinética após a aplicação do PE.

3.1.3 Questão 03

Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento. Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

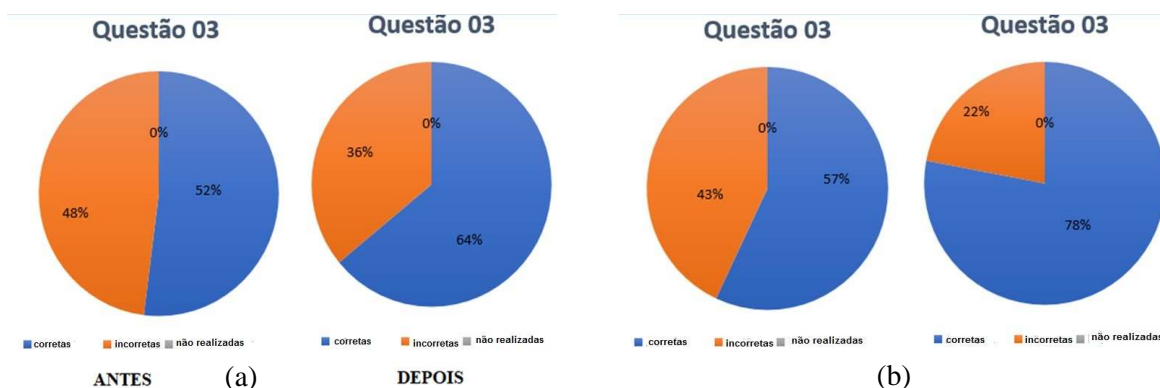
- a) energia elétrica em energia térmica
- b) energia elétrica em energia cinética**
- c) energia potencial química em energia elétrica
- d) energia elétrica em energia potencial gravitacional
- e) energia elétrica em energia potencial elástica

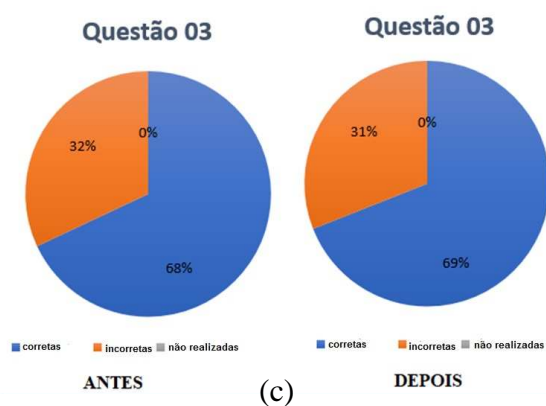
➤ **Análise da Questão** - É abordada a questão de energia dissipada, devido ao atrito no movimento dos pistões, gerando aquecimento, em energia térmica. Normalmente a eficiência de um motor a combustão tem em média um aproveitamento de 30% de energia. Enquanto que um motor elétrico como o movimento ocorre devido ao campo magnético gerado no estator, não gera ruído, além de ter pouca dissipação de energia, o aproveitamento é em torno de 95% de energia. Informação esta que poderia ser passada aos alunos ao ministrar o conteúdo sobre máquinas térmicas em termodinâmica.

➤ Análise da estatística de acertos da questão 03

Na Figura 3.3 apresenta-se o levantamento de dados em relação à resposta dos alunos das turmas A, B e C, em porcentagem referente a Questão 03.

Figura 3.3 - Resultados da questão 03, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.





Fonte: o autor.

Observando os gráficos antes e após a aplicação do PE para as 3 turmas, em relação ao quantitativo das respostas corretas, tem-se uma evolução nos acertos, para a Turma A de 12%, Turma B de 21% e Turma C de 1%. A turma C já tinha uma quantidade de acertos de 68% antes da aplicação do PE, provavelmente tinham subsunçores adequados ao conteúdo. Todas as três turmas mostraram ter um conhecimento anterior à aplicação do PE maior do que 50%, o que é um fator positivo, e que melhorou após a aplicação do PE.

3.1.4 Questão 04

Existem vários exemplos que demonstram, de fato, que a energia sofre transformações. Sobre a lei da conservação da energia em um sistema isolado, assinale a alternativa correta:

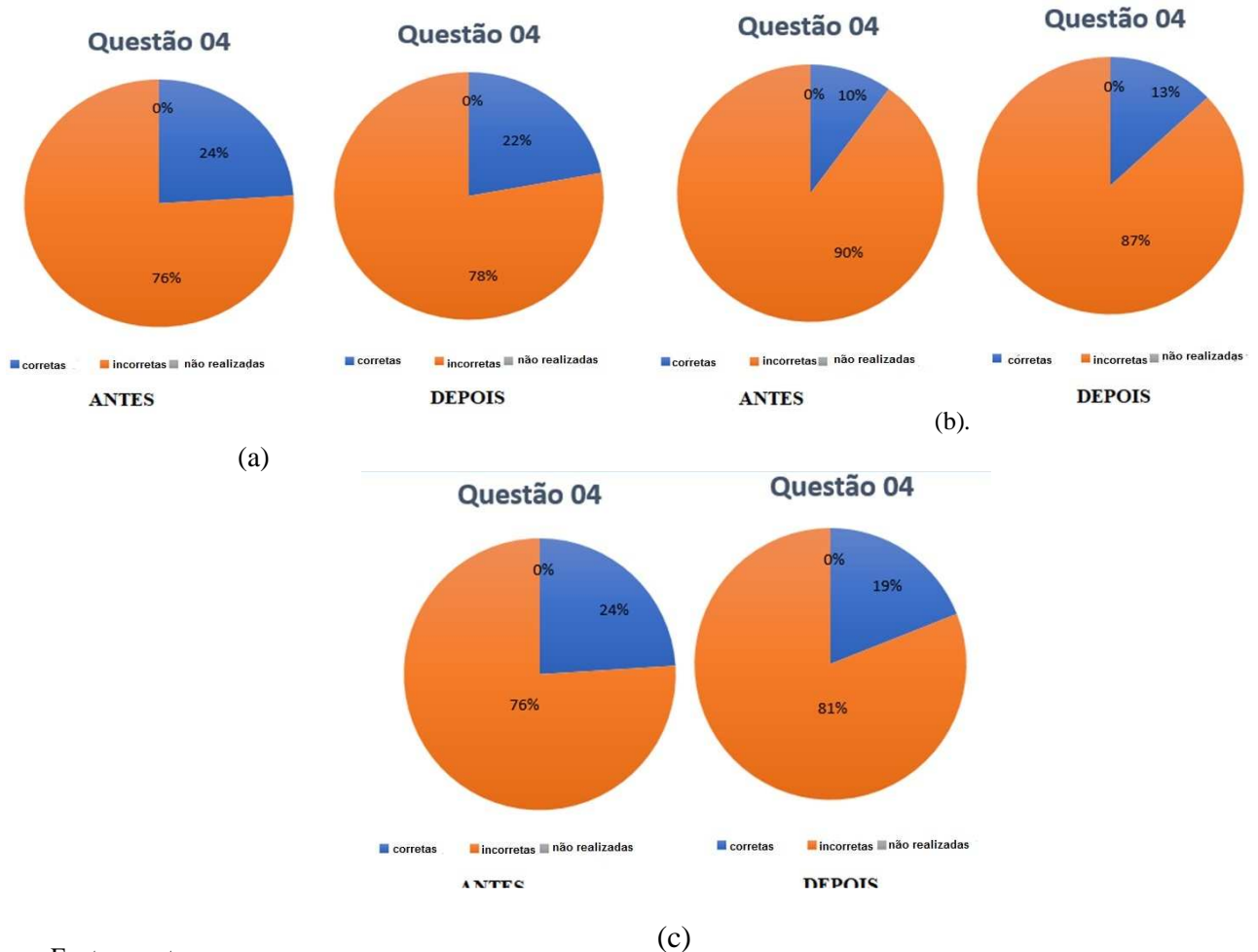
- a) *Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.*
- b) *Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido às forças resistivas existentes.*
- c) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em um sistema ideal, caso tratar de um sistema real, não podemos fazer tal afirmação.*
- d) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.*
- e) *Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.*

Análise da Questão – Uma das leis da natureza é a conservação de energia. A energia total sempre se conserva independente das forças que atuam no sistema.

➤ Análise da estatística de respostas corretas da questão 04

Na Figura 3.4 apresenta-se o levantamento de dados da questão 04 de acordo com as respostas fornecidas pelos alunos no questionário diagnóstico e avaliativo aplicados, respectivamente, antes e após a utilização do PE.

Figura 3.4- Resultados da questão 04, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

A estatística de acertos apresentada na Figura 3.4 mostra que o resultado após a aplicação do PE para as três turmas teve o índice de respostas corretas consideradas baixo. Sendo esse de -2% na turma A, evolução de 3% na Turma B, e 15% na turma C. Os alunos parecem não ter claro o que significa uma lei de conservação, no caso, o da energia.

3.1.5 Questão 05

Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas, subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2 kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2 m de altura é de: Adote $g = 10\text{ m/s}^2$

- a) 10 joules
- b) 20 joules
- c) 30 joules

Resolução:

$$E_{pg} = mgh = (2\text{kg}) \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (2\text{m})$$

$$E_{pg} = 40\text{J}$$

d) 40 joules

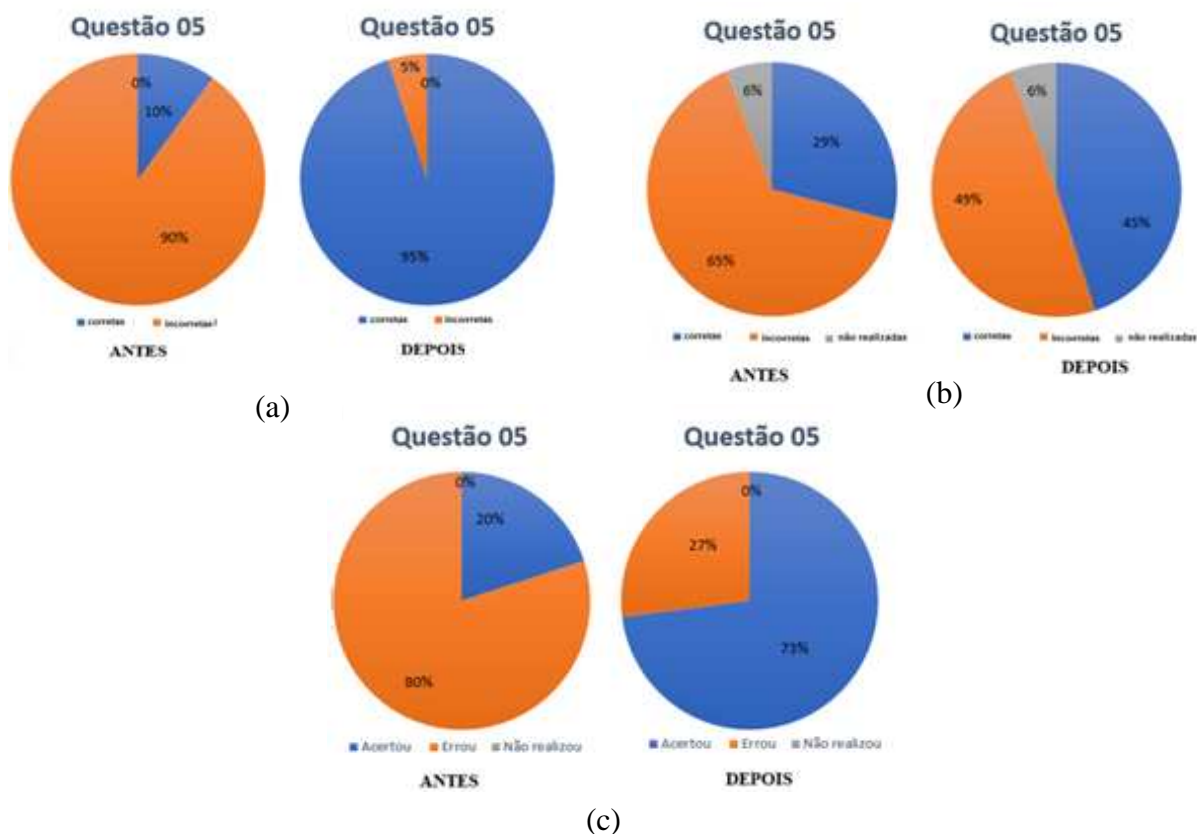
e) 50 joules

➤ **Análise da Questão** – Trata-se de uma aplicação da equação da energia potencial gravitacional obtida na Aula 3, e também citada no mapa conceitual. É uma questão proposta com algo do cotidiano, indicando um animal que gosta de altura, que são os gatos. Talvez especificar que o armazenamento da energia potencial é em relação ao chão como um referencial.

➤ **Análise estatística do número de acertos na questão 05**

Na Figura 3.5 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 05.

Figura 3.5 - Resultados da questão 05, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

Analisando a quantidade de questões respondidas corretamente, em cada gráfico da Figura 3.5, observa-se que o aproveitamento, após a aplicação do PE, pelos alunos da turma A foi de 77%, da Turma B 19%, e da Turma C de 49%. O que indica um grau de aproveitamento muito bom. Mesmo não tendo especificado que o ponto de referência é o solo, entenderam o uso da equação de energia potencial gravitacional para a situação problema.

3.1.6 Questão 06

Um motorista, após ver algo que exija uma freada, leva certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distância será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro, uma vez que esse tempo aumenta quando o motorista está sob efeito do álcool.

Após o tempo de reação, quanto maior a velocidade do veículo, maior será a distância de freada, que indica que o trabalho foi maior porque o carro tinha mais energia. Dessa forma, a energia cinética que um carro contém, considerando que ele possui uma massa de 800 kg e velocidade de 72 km/h , é de:

- a) $57\ 600\text{ joules}$
- b) $20\ 000\text{ joules}$
- c) $320\ 000\text{ joules}$
- d) $180\ 000\text{ joules}$
- e) $160\ 000\text{ joules}$

Resolução:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

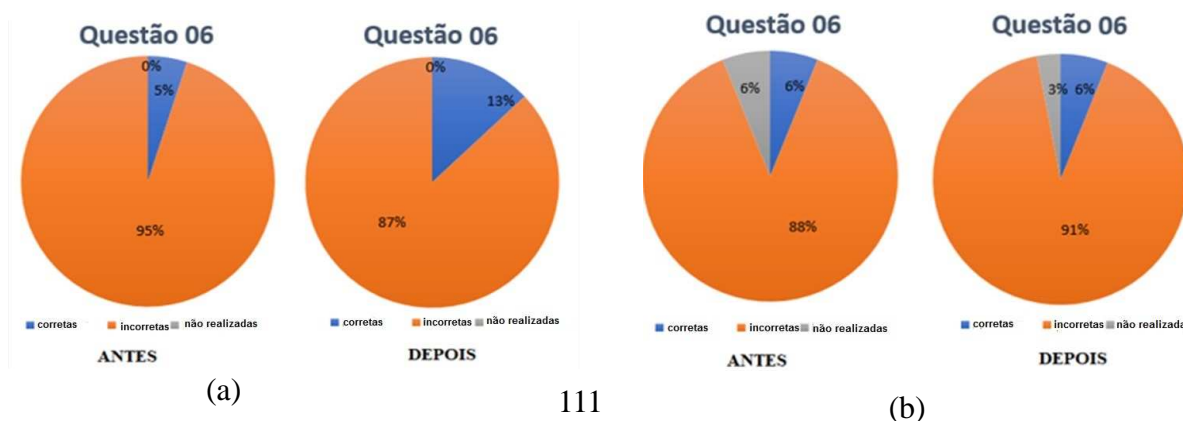
$$E_c = \frac{1}{2}(800\text{kg})\left(\frac{72 \times 10^3\text{m}}{3600\text{s}}\right)^2 = 160\ 000\text{ J}$$

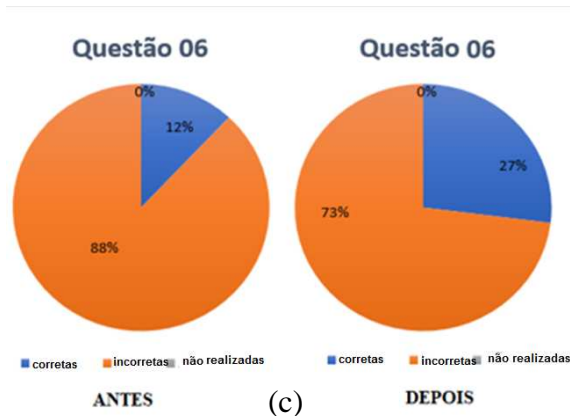
➤ **Análise da Questão** – A equação da energia cinética foi definida ao obter o teorema trabalho energia cinética na Aula 03, e também estava no mapa conceitual. Sua aplicação foi proposta em relação ao cotidiano, que alerta, além de utilizar o conceito de energia cinética, sobre o perigo do uso de álcool ao dirigir. Essa questão já apresenta um grau de dificuldade um pouco maior por ter que se realizar transformação de unidade no caso da velocidade de Km/h para m/s, que foi discutido na Aula 04, apresentados nos Quadros 2.6 e 2.7.

➤ Análise estatística do número de acertos na Questão 06

Na Figura 3.6 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 06.

Figura 3.6 - Resultados da questão 06, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.





Fonte: o autor.

Os resultados mostram que os alunos tiveram dificuldade tanto antes quanto após à aplicação do PE, pois além de terem sido baixos, 5%, 6%, e 12%, os acertos antes da aplicação, após a aplicação em 8%, 0% e 15% respectivamente para as turmas A, B, e C. A turma C teve uma melhor evolução, mas no panorama geral, podemos indicar a trabalhar mais a questão de sistemas de unidades e sua transformação, como apresentado no Quadro 2.7, deve ser reforçado, do que usar um fator multiplicativo dividindo ou multiplicando podendo se confundir, pois utiliza da memorização e muitas vezes não sabem a origem desse valor.

3.1.7 Questão 07

Uma melancia de 5 kg é abandonada a partir do repouso de uma janela do quinto andar de um prédio, localizada a 20 m em relação ao solo. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra com $g = 10\text{m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, o que mudaria se fosse uma laranja, de 140g (0,14kg) sendo abandonada a partir do repouso da mesma posição?

- a) a velocidade final e a força exercida no solo.
- b) somente a velocidade final.
- c) a aceleração adquirida e a velocidade final.
- d) somente a força exercida no solo.
- e) nada irá se alterar.

Resolução:

Usando a lei de conservação de energia mecânica pois não há forças dissipativas:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

A velocidade final independe da massa. Ambos vão atingir o solo com a velocidade de $v = 20\text{m/s}$.

A força com que vão atingir o solo é dada pela força peso, $P = mg$, o fruto de maior massa terá maior força de impacto. Conferindo:

Para a melancia $\Rightarrow P = 50\text{N}$

Para a laranja $\Rightarrow P = 1,4\text{N}$

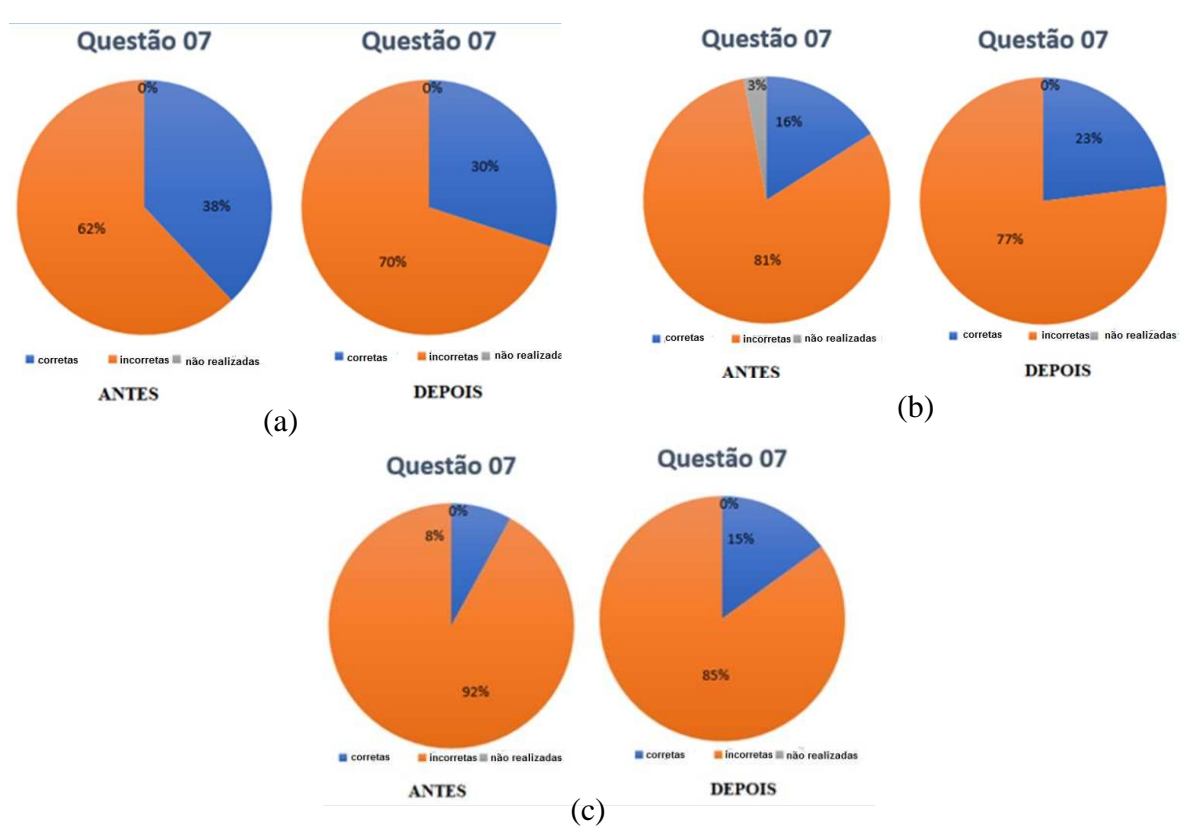
- **Análise da Questão** – Nessa questão o aluno teria que pensar um pouco mais, pois envolve a lei de conservação de energia mecânica, em que a energia potencial gravitacional acumulada na altura h em relação ao solo, o fruto ao ser liberada a energia potencial se transforma em energia cinética, até atingir o solo. Assim, a velocidade independe da massa somente da altura e da aceleração

gravitacional local. Excluindo os itens a, b, e c. Analisando a força com que cada fruto impacta o solo e essa é dada pela força peso, e é diferente para cada fruto, pois depende da massa, o fruto de maior massa terá uma força de impacto maior, não necessitando fazer cálculos, mas, se fizer, a melancia terá uma força de 50N e a laranja de 1,4 N. Assim, a resposta correta é a “d”.

➤ **Análise estatística do número de acertos na questão 07**

Na Figura 3.7 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 07.

Figura 3.7 - Resultados da questão 07, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

Nos gráficos da Figura 3.7 observa-se que o quantitativo das corretas, que a turma A reduziu o número de acertos em 8%, a turma B aumentou em 5% e a turma C em 15%. Não sendo um bom quantitativo de acertos, indicando a trabalhar mais a questão de raciocínio com os alunos. Talvez não tenham compreendido a lei de conservação de energia mecânica, que foi somente dita a eles. Esta questão tem um grau de dificuldade maior que as anteriores.

3.1.8 Questão 08

Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo, a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

Resolução

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = (200g) \left(\frac{1\text{cal}}{g^\circ\text{C}} \right) (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

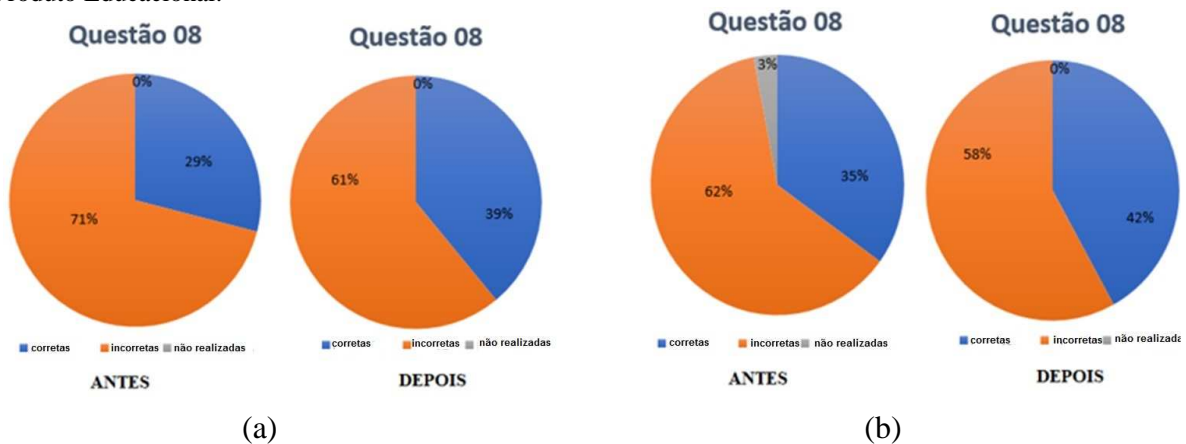
$$Q = 4000 \text{ cal}$$

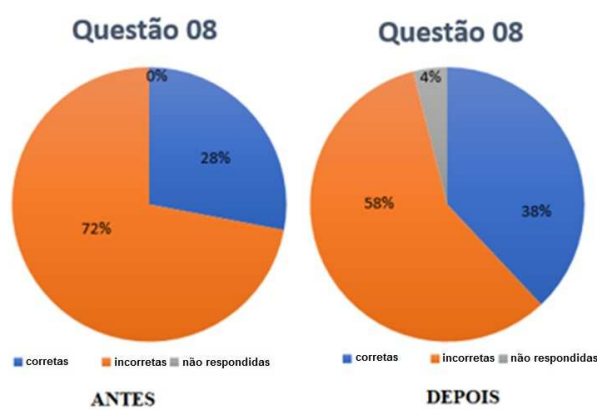
➤ **Análise da Questão** – A equação que fornece a quantidade de calor na questão proposta tem a aplicação dos dados de forma direta, pois a resposta foi dada em calorias, sendo ela uma das equações que foi analisada por meio dos dados experimentais na Aula 05. Além dos alunos trabalharem com o conceito de que calor é a energia transferida do corpo de maior temperatura ao de menor temperatura de forma espontânea e que depende da variação da temperatura, e quando atinge o equilíbrio térmico, $T_1 = T_2$, o calor é nulo. Para isso ocorrer deve-se esperar à temperatura retornar a temperatura inicial, em que se pode analisar a taxa de resfriamento de Newton, como sugerido no final da Aula 05 do PE.

➤ **Análise estatística do número de acertos na questão 08**

Na Figura 3.8 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 08.

Figura 3.8 - Resultados da questão 08, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.





(c)

Fonte: arquivos do autor

De acordo com os gráficos da Figura 3.8, em relação ao quantitativo das respostas corretas, vemos que após a aplicação do PE houve um aumento (Turma A de 10%, Turma B de 7% e Turma C de 10%) não foi muito significativo o quantitativo de acertos nessa questão, mas houve. Percebe-se até o momento que quando envolvem cálculos os alunos têm dificuldades em resolver a questão.

3.1.9 Questão 09

Resistor elétrico é um componente muito abundante em circuitos elétricos com a função de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

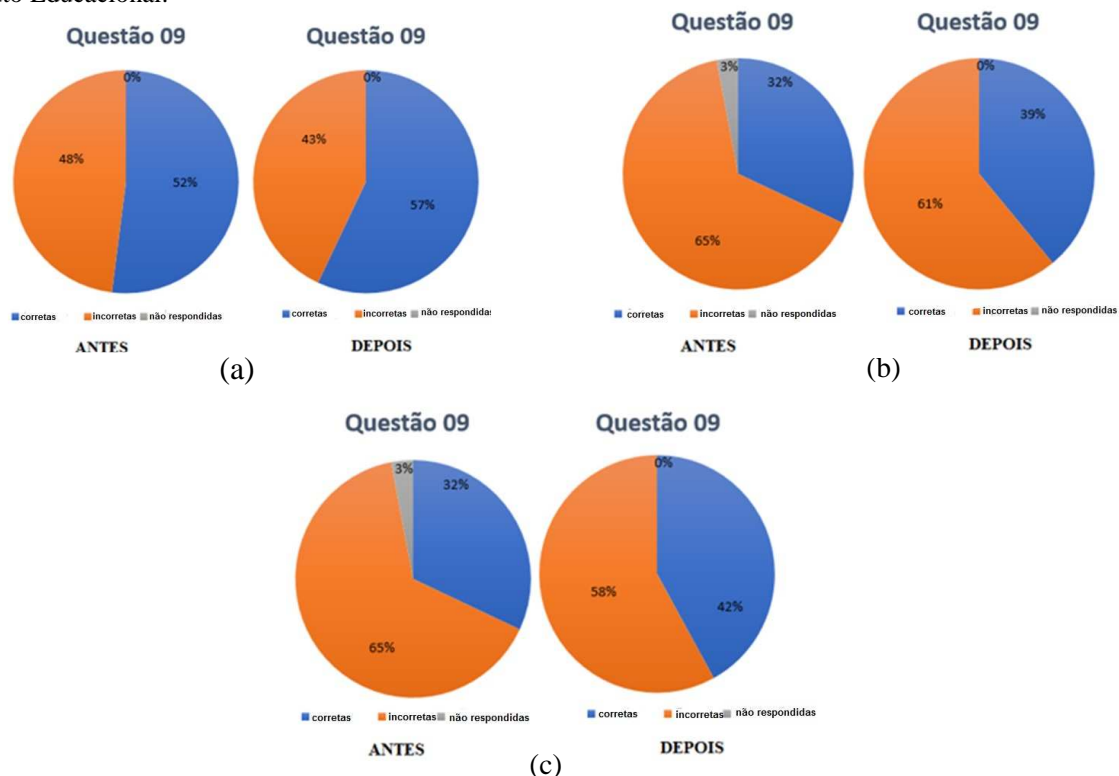
- a) *converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- b) *converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- c) *produz energia térmica por meio do efeito joule.*
- d) *converte energia elétrica em potencial química.*
- e) *converte a energia elétrica em choque elétrico.*

➤ **Análise da Questão** –A conversão de energia elétrica em térmica por meio do efeito Joule foi discutida no experimento, Aula 04 e 05, o que ocorre dentro do calorímetro, o motivo da água aquecer. Na Aula 05 calculou-se a Potência dissipada, que nada mais é do que a taxa de energia elétrica por unidade de tempo. Processo que ocorre nos chuveiros elétricos, em aquecedores e churrasqueiras elétricas, ferro de passar roupa, entre outros. A resposta correta é o item a).

➤ **Análise estatística do número de acertos na questão 09**

Na Figura 3.9 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 09.

Figura 3.9 - Resultados da questão 09, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: arquivos do autor.

Analisando somente as respostas corretas, observa-se na Figura 3.9 que a turma A já havia tido um bom número de acertos, que foi de 52%, e melhorou após a aplicação do PE em mais 5%, a turma B, de 32% passou para 39%, e a turma C de 32% para 42%, com evolução de 7% e 10%, respectivamente, na quantidade de acertos. Sendo essa uma equação que não envolve cálculos. Mas, ainda assim, as Turmas B e C não atingiram 50% de acertos, pois foi uma questão discutida com ênfase no resistor elétrico do calorímetro, em que até envolveu o cálculo da potência dissipada.

3.1.10 Questão 10

Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

- a) Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.
- b) Não, somente as baterias conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as usinas só

conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.

c) Não, somente as usinas conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.

d) Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.

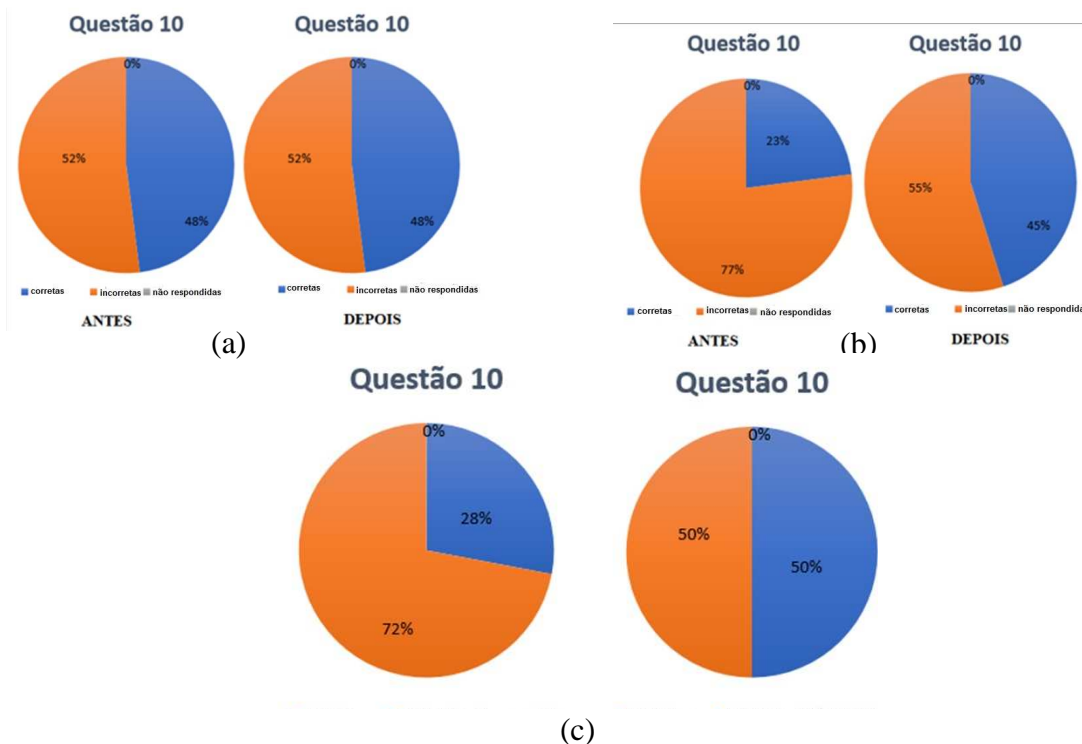
e) Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.

➤ **Análise da Questão** – A questão leva a refletir sobre o termo que se utiliza comumente de que a energia é produzida ou gerada, de forma que há o termo gerador, e seu papel é o de transformar energia mecânica (cinética) em elétrica e não de gerar energia. No caso das pilhas e baterias, é a energia química se transformando em elétrica. Tanto que há o princípio da conservação de energia: “a energia não pode ser criada nem destruída ela é transformada”, em analogia ao princípio de conservação de massa proposta pelo químico Lavoisier: “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” no final do século VIII.

➤ **Análise estatística do número de acertos na questão 10**

Na Figura 3.10 estão representados os resultados do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas da questão 10.

Figura 3.10 - Resultados da questão 08, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



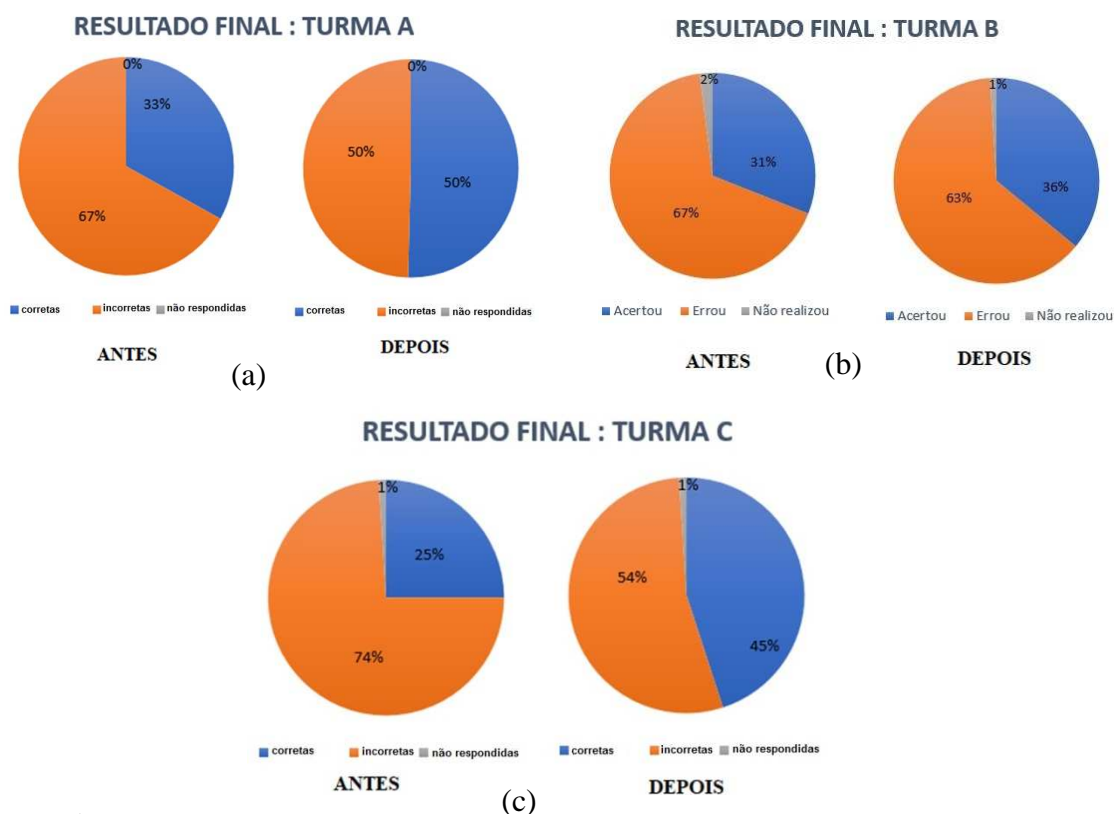
Fonte: arquivos do autor

O quantitativo de acertos na questão 10 apresentado na Figura 3.10, indica que, exceto a turma A que manteve o quantitativo de acertos em 48%, as turmas B (23% para 45%) e C (28% para 50%) tiveram uma evolução muito boa, de 22%.

3.1.11 Análise da Estatística Geral

Na Figura 3.11 estão representados os resultados da análise do quantitativo de respostas corretas, incorretas e não respondidas, antes e após a aplicação do PE, para cada turma A, B, e C.

Figura 3.11 – Resultado geral, (a) Turma A, (b) Turma B, e (c) Turma C, antes e depois da aplicação do Produto Educacional.



Fonte: o autor.

Observando os gráficos da Figura 3.11, observa-se que em todas as turmas ocorreu melhora na aprendizagem, embora indique o que é preciso trabalhar para alcançar os demais alunos (acima de 50%). Além disso, na Turma A todos os alunos responderam as questões, nas Turmas B e C 1% não responderam alguma das questões por não terem ido à aula.

Lembrando que esta foi a primeira utilização do PE baseado no aparato experimental “bicicleta dinâmica”, que pode ser utilizado nos três anos do ensino médio, pois o conceito de

energia e suas transformações estão presentes, como apresentado na seção 1.2, com o cuidado de usar a ferramenta matemática do ensino médio.

De forma geral, por meio dos questionários foi possível observar de maneira quantitativa os resultados das turmas antes e depois da aplicação do Produto Educacional. Apesar dos gráficos demonstrarem que existiu um avanço na aquisição do conhecimento, ainda é pouco para se fazer uma afirmação da efetividade do trabalho desenvolvido nas turmas, uma vez que o método utilizado não tem como comprovar que a alternativa assinalada foi realmente interpretada como se esperava. Desta forma, um dos pontos, foi buscar outra forma de avaliação que possa corroborar nessa discussão.

Partindo dessa ideia e analisando as três turmas, uma vez sendo o professor regente dessas turmas nesse ano letivo na disciplina de Física, foi possível fazer uma análise muito importante, sendo então possível ressaltar o quanto os alunos que compõem as respectivas turmas foram participativos, se envolveram com o tema, deram suas contribuições nas aulas dialogadas, como também participaram de forma efetiva de toda parte prática do trabalho e se empenharam muito na interpretação e análise dos dados fornecidos durante a utilização do aparato experimental. Fatores esses que não foram demonstrados com tanto entusiasmo em outras aulas nesse mesmo ano letivo.

Outro fator relevante a ser discutido como professor da disciplina de Física na série subsequente desses alunos, constituiu na verificação do entendimento de assuntos correlacionados de uma forma agradável, isso em comparação às turmas de outros anos, pois, ao trabalhar posteriormente o conceito de calor como forma de energia, ficou notório que o tema a ser discutido não era algo totalmente novo, demonstrando que já sabiam que calor era uma das formas que a energia poderia se apresentar.

Uma vez ainda professor de uma boa parcela desses alunos, agora os mesmos se encontrando no terceiro ano do Ensino médio, foi possível realizar com eles um questionário diagnóstico complementar, a ideia era utilizar como uma verificação se houve um indicativo de aprendizagem significativa. Essa análise é a apresentada na seção 3.2.

3.2 Análise das Respostas do Questionário Complementar

Desta vez, a aplicação do questionário foi feita por meio da ferramenta Google Formulários, encaminhado o *link* de acesso no mural da turma no Google sala de aula, em que 18 alunos responderam o questionário, tendo 50 minutos para respondê-lo.

O formulário foi o disponível no Quadro 2.4. Certamente todos aqueles que responderam ao questionário haviam participado da aplicação do Produto Educacional anterior, sendo que o respectivo colégio não possibilita a matrícula de outros alunos no decorrer do curso, uma vez que possui disciplinas específicas não comuns ao Ensino Médio regular. Ressaltado que não foi possível que todos os alunos participassem devido ao período de aplicação muitos já não estavam disponíveis, em outras palavras, não estudavam mais na respectiva instituição. Novamente, seguiremos com o mesmo padrão de avaliar por questão. O questionário inicia com um texto para contextualização das duas primeiras questões.

➤ Texto do questionário complementar

Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios.

Leia o seguinte trecho da reportagem da Revista Exame, do dia 28/05/2021: *"Há algumas semanas uma crise no abastecimento dos reservatórios de hidrelétricas no Brasil tem acendido alertas de risco energético para este ano. O país, que tem pressão crescente no setor de geração elétrica, terminou o período chuvoso em abril com os menores níveis dos reservatórios da região Sudeste/Centro-Oeste, a principal em termos de geração hidráulica de energia, para o mês desde 2015, quando o país também enfrentou crise hídrica severa. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai."* Disponível em: <<https://exame.com/economia/crise-no-setor-eletrico-brasil-corre-risco-de-falta-de-energia/>>. Acesso em: 31 mai. 2021.

3.2.1 Questão 01

De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

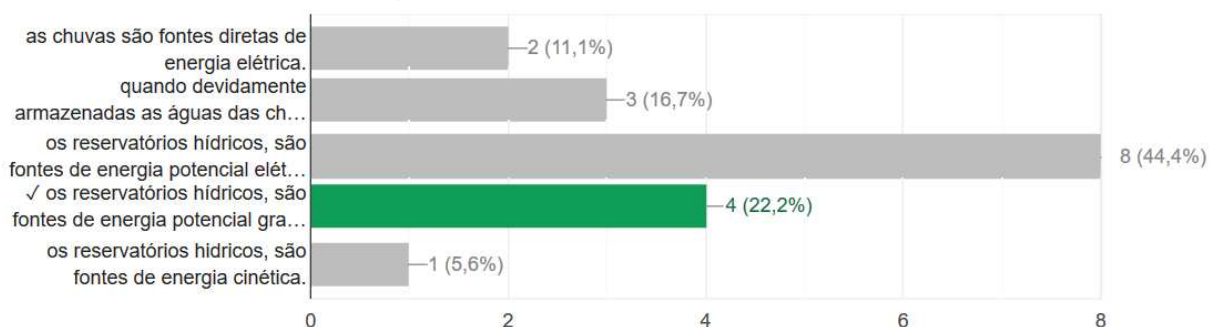
- a) as chuvas são fontes diretas de energia elétrica.
- b) quando devidamente armazenadas as águas das chuvas, contém energia elétrica.
- c) os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial elétrica.
- d) os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial gravitacional.**
- e) os reservatórios hídricos, são fontes de energia cinética.

- **Análise da questão** - A questão, além de tratar de energia potencial, relaciona com o processo de transformação em energia elétrica que ocorre em usinas hidroelétricas que possuem barragem, e os alunos podem ver a diferença com o tipo de usina que é a fio de água que fica a 1,5 km do local onde estudam, e que muitas vezes dependem da água que vem das usinas de barragem.

➤ Análise das respostas

Na Figura 3.12 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.12 – Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 01, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: o autor

A maior quantidade de indicação como resposta foi o item c - *os reservatórios hídricos, são "fontes" de energia potencial elétrica*. Possivelmente como o texto não fala sobre o processo de transformação, mas sobre as consequências, e os alunos têm em mente o que mais próximo estudaram, que foi a energia potencial elétrica em eletromagnetismo, e responderam esse item. Dessa forma, fica como sugestão explicar com ênfase o processo de transformação de energia nas aulas.

3.2.2 Questão 02

De acordo com o trecho do texto "Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

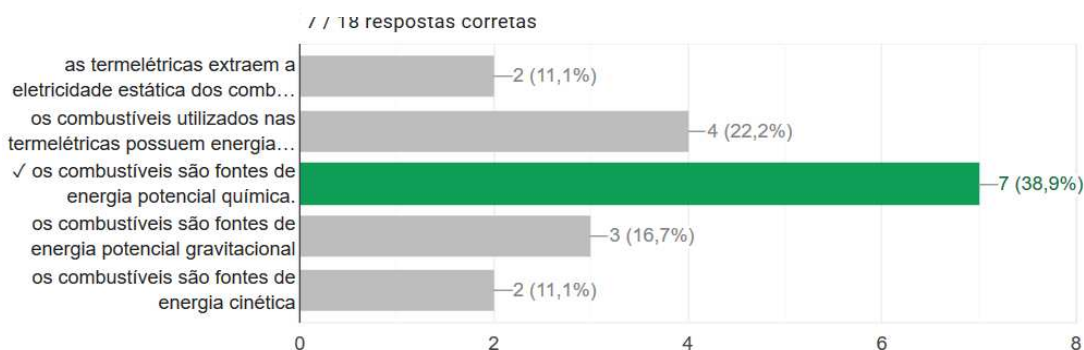
- as termelétricas extraem a eletricidade estática dos combustíveis.*
- os combustíveis utilizados nas termelétricas possuem energia elétrica armazenada.*
- os combustíveis são fontes de energia potencial química.*
- os combustíveis são fontes de energia potencial gravitacional.*
- os combustíveis são fontes de energia cinética.*

➤ **Análise da questão** - A questão trata outro tipo de energia potencial química, que são os combustíveis, sendo esses de vários tipos, como os fósseis. A ideia é ver se os alunos entendem uma reportagem ou um texto com relação ao PE utilizado em aula.

➤ Análise das respostas

Na Figura 3.13 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.13 -Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 02, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: arquivos do autor

Observa-se que a maioria compreendeu, mas ainda necessitam de outros textos e esclarecimentos sobre o assunto.

3.2.3 Questão 03

Sobre a Lei da conservação da energia em um sistema, assinale a alternativa correta, aprendidos com o uso da bicicleta na sala de aula, pode se afirmar que:

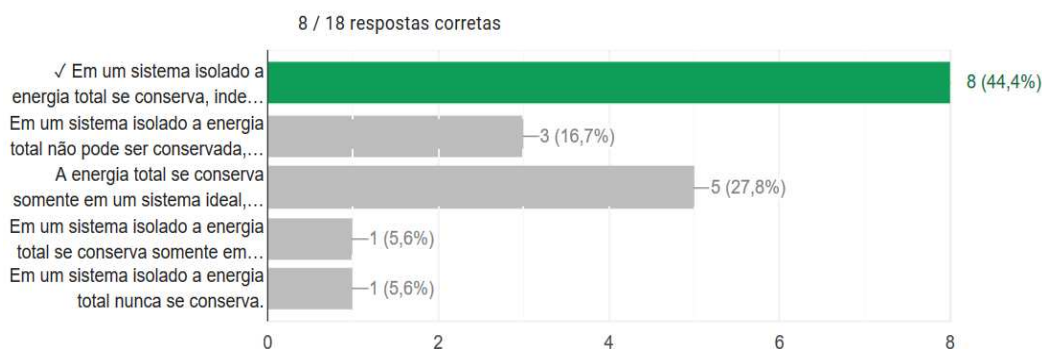
- Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.*
- Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido as forças resistivas existentes.*
- A energia total se conserva somente em um sistema ideal, em um sistema real, isso jamais ocorre.*
- Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.*
- Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.*

➤ **Análise da questão** – essa questão é análoga à discutida anteriormente discutida, direcionado ao aparato experimental.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.14 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.14 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 03, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: o autor

Tem-se que, das 18 respostas, 8 estavam corretas, provavelmente os mesmos que acertaram no questionário avaliativo, isso indica que houve uma aprendizagem significativa para esses alunos,

após 2 anos responderam a questão de forma correta, mas que é preciso procurar uma metodologia complementar para alcançar os demais alunos.

3.2.4 Questão 04

Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2 kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2 m de altura é de: Adote $g=10\text{m/s}^2$.

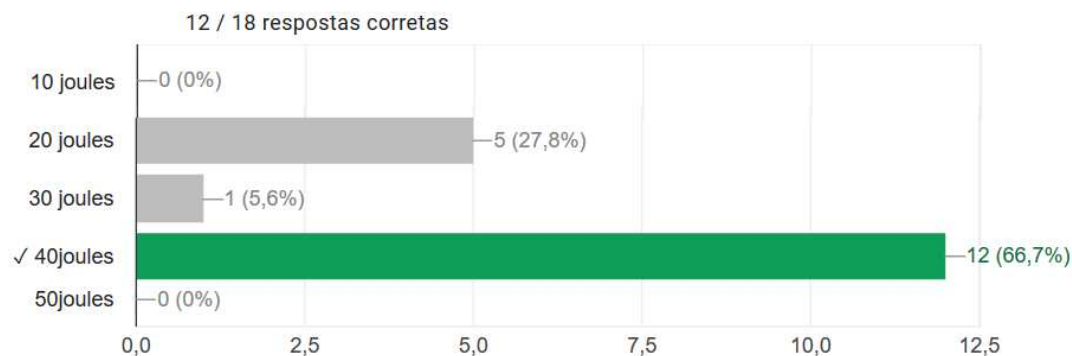
- a) 10 joules
- b) 20 joules
- c) 30 joules
- d) 40joules
- e) 50joules

➤ **Análise da questão** – essa questão também fazia parte do questionário avaliativo, Questão 05, novamente faltou colocar o referencial para a altura, “[...] 2m de altura em relação ao solo”.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.15 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.15 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 04, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: arquivos do autor

A maioria dos 18 alunos compreendeu o conceito de energia potencial, com 66,7% de acertos. Todos eles responderam a questão, o que pode ter ocorrido foi erro ao calcular.

3.2.5 Questão 05

Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento. Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

- a) energia elétrica em energia térmica.
- b) energia elétrica em energia cinética.
- c) energia potencial química em energia elétrica.

d) energia elétrica em energia potencial gravitacional.

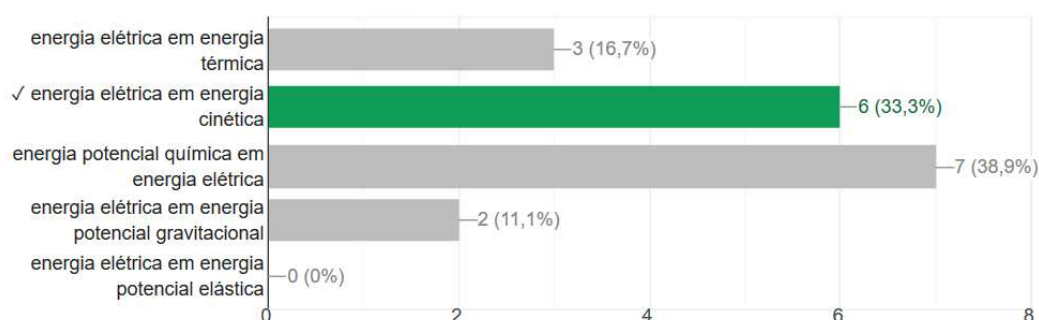
e) energia elétrica em energia potencial elástica

- **Análise da questão** – questão citada no questionário avaliativo (Questão 03). O funcionamento de um motor elétrico foi comentado com os mesmos, mas não havia um texto. Essa é uma questão interessante para ser citada quando se trabalha a segunda lei da Termodinâmica, sobre a eficiência de motores.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.16 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.16 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 05, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa..



Fonte: arquivos do autor

Como são alunos que já estudaram o conteúdo de termodinâmica, esperava-se um resultado melhor. De qualquer forma, é um resultado para futuras melhorias.

3.2.6 Questão 06

Usinas termelétricas produzem energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível e gás natural em uma caldeira, ou pela fissão de material radioativo (como o urânio). Assinale a alternativa correta que demonstra as conversões de energia realizadas por uma usina termelétrica:

a) energia potencial química - energia térmica - energia elétrica

b) energia potencial química - energia térmica - energia cinética - energia elétrica

c) energia potencial química - energia elétrica

d) energia térmica - energia elétrica

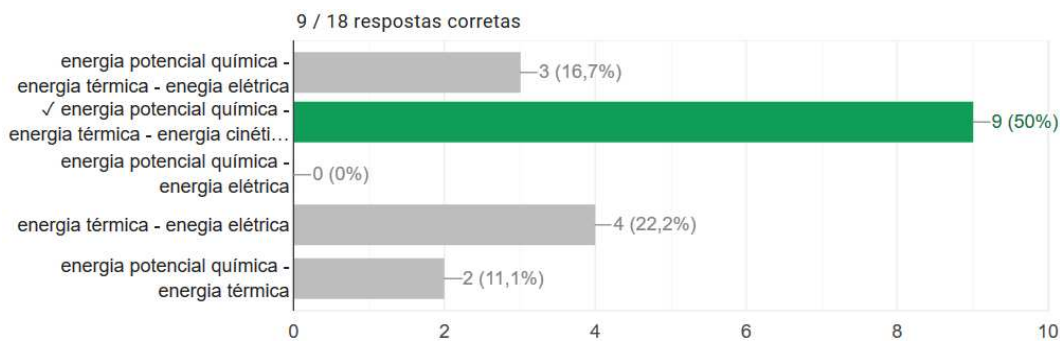
e) energia potencial química - energia térmica

- **Análise da questão** – essa questão foi proposta para saber se os alunos compreenderam a transformação de energia dentro do contexto explicado no aparato experimental, se conseguem fazer a conexão de que a energia química não é a somente provida dos alimentos, e a do funcionamento da bateria, mas sim relacionada com algo que eles ouvem falar diariamente devido ao valor da tarifa de energia elétrica ter bandeiras diferentes dependendo da quantidade de água disponível nos reservatórios e rios.

➤ Análise das respostas

Na Figura 3.17 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.17 -Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 06, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: arquivos do autor

3.2.7 Questão 07

Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

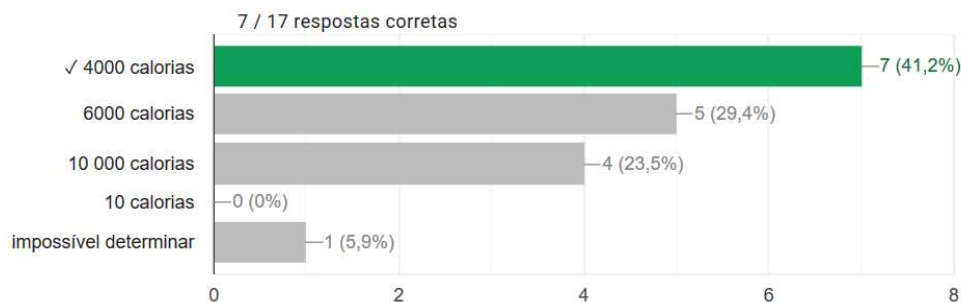
- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

➤ **Análise da questão** – essa questão foi proposta no questionário diagnóstico/avaliativo. É uma questão de substituição direta dos dados na equação do calor, que está relacionada a taxa de calor em relação à temperatura, que fornece o calor da capacidade térmica do corpo em questão.

➤ Análise das respostas

Na Figura 3.18 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.18 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 7, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa..



Fonte: o autor

Essa questão parece ter sido resolvida por poucos, os demais marcaram qualquer uma das respostas, inclusive que não era possível de se determinar.

3.2.8 Questão 08

É impossível listar todas as transformações de energia existentes. Isso acontece porque toda energia que conhecemos é transformada de alguma forma. Dessa forma, em última instância, pode-se dizer que toda a energia do universo é conservada. Em seguida, apresentaremos algumas transformações energéticas comuns no nosso dia a dia. A transformação de energia é um conceito muito comum nas Ciências da Natureza. Esse fato da energia ser transformada possibilita a existência de diversas coisas do nosso cotidiano. Desde o carro, que transforma a _____ da combustão da gasolina em _____, até uma lâmpada incandescente, que transforma a _____ em energia _____ e _____. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto acima:

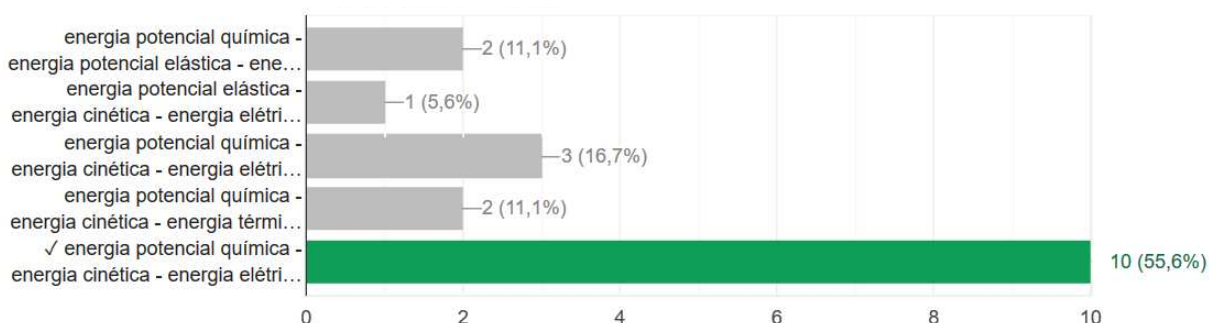
- a) energia potencial química - energia potencial elástica - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- b) energia potencial elástica - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- c) energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia eólica
- d) energia potencial química - energia cinética - energia térmica- energia luminosa - energia elétrica
- e) energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica**

➤ **Análise da questão** – esta é uma questão mais abrangente sobre a conservação de energia, trabalhando com as suas transformações, relacionadas com os tipos de energia que são apresentadas pelo uso do aparato experimental.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.19 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.19 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 08, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa..



Fonte: arquivos do autor

Esse resultado de 10 alunos em 18 alunos, em que todos participaram da aplicação do

PE, respondendo a questão de forma correta leva a concluir que o ideal seria colocar mais uma aula para explicar as diversas formas de transformação de energia.

3.2.9 Questão 9

O resistor elétrico ou, como é comumente chamada, a resistência de um chuveiro elétrico é um componente cuja função é de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

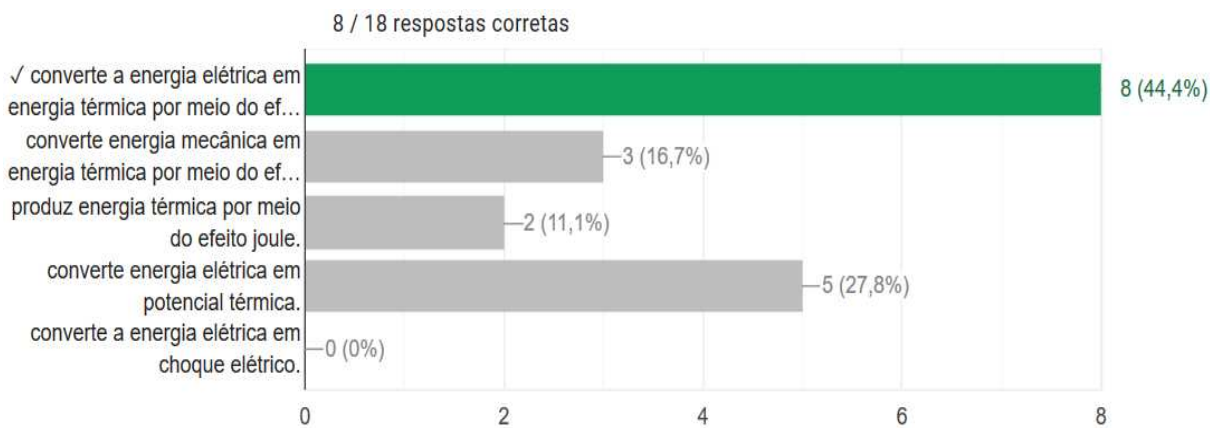
- a) *converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- b) *converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- c) *produz energia térmica por meio do efeito joule.*
- d) *converte energia elétrica em potencial térmica.*
- e) *converte a energia elétrica em choque elétrico.*

- **Análise da questão** – essa questão já foi citada anteriormente e envolve o funcionamento de um chuveiro elétrico. No aparato experimental foi utilizada uma resistência de um tipo de chuveiro elétrico. Sobre o conceito físico envolvido, trata-se do efeito Joule, explicado aos alunos em aula.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.20 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.20- Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 09, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: arquivos do autor

Nesta questão esperava-se um número maior de acertos, pois a maioria possui um chuveiro elétrico em casa, e foi discutido com ênfase no uso do aparato experimental, e calcularam a energia dissipada.

É interessante que a maioria sabe que a conversão de energia elétrica em térmica por

meio do efeito Joule, e aparentemente uns 5 já sentiram “choque” ao ligar o chuveiro, pois responderam o item d. Quem respondeu o item b não se ateve ao termo “produz”.

3.2.10 Questão 10

Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

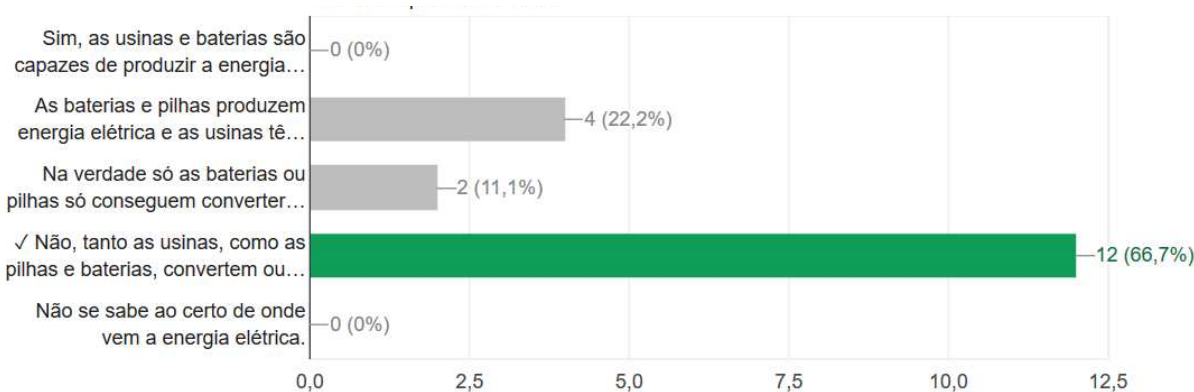
- a) *sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.*
- b) *as baterias e pilhas produzem energia elétrica e as usinas têm apenas a capacidade de convertê-la.*
- c) *na verdade só as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*
- d) ***Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.***
- e) *Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.*

➤ **Análise da questão** – essa questão também foi citada no questionário diagnóstico/avaliativo e está relacionada à explicação dada pelo professor em aula. Sobre a transformação de energia em energia elétrica. Novamente prestar atenção na palavra “produz” no enunciado.

➤ **Análise das respostas**

Na Figura 3.21 apresenta-se o quantitativo dos alunos que responderam cada item.

Figura 3.21 - Gráfico em barra das respostas dadas pelos alunos na questão 10, como também a porcentagem de preenchimento de cada alternativa.



Fonte: o autor

Nesta questão, 12 dos 18 alunos responderam corretamente, sinal que na questão anterior foi falta de prestar atenção.

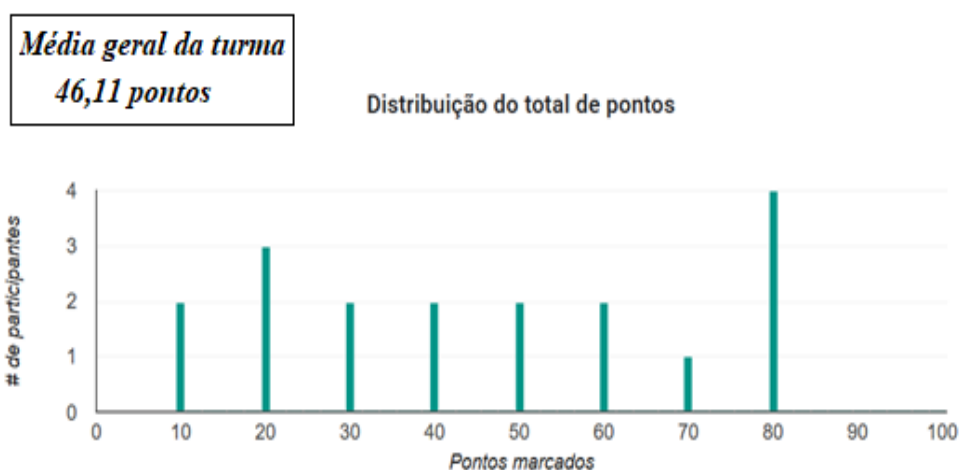
3.2.11 Análise geral Questionário complementar

A Figura 3.22 apresenta o número de pontos marcados pelos 18 participantes, sendo:

- 2 acertaram apenas uma questão no questionário e marcaram 10 pontos,
- 3 acertaram duas questões e marcaram 20 pontos;
- 2 acertaram 3 questões e marcaram 30 pontos;
- 2 acertaram 4 questões e marcaram 40 pontos;
- 2 acertaram 5 questões e marcaram 50 pontos;
- 2 acertaram 6 questões e marcaram 60 pontos;
- 1 acertou 7 questões e marcou 70 pontos;
- 4 acertaram 8 questões e marcaram 80 pontos e
- nenhum aluno acertou um número de 9 e 10 questões.

Média geral da turma obtida pela soma total dos pontos dos alunos divididos pelo número de participantes: $830 \text{ pontos} / 18 \text{ participantes} = 46,11$ média de pontos por aluno.

Figura 3.22– Gráfico do número de participantes pelo de pontos marcados, resultando na média de pontos por aluno dos 18 participantes.



Fonte: o autor

Como descrito nas discussões de cada questão dos questionários aplicados e principalmente quando comparados com os resultados finais apresentados nos gráficos das Figuras 3.11 e 3.22, observa-se que os alunos ainda mantiveram o mesmo percentual de acertos. Uma possível indicação que o Produto Educacional, possibilitou aquisição de conhecimento e os alunos tiveram indícios de uma Aprendizagem Significativa, pois, mesmo

quase dois anos depois, sem que o professor realizasse uma retomada de conteúdo, conseguiram expor os conhecimentos adquiridos.

Outro fator importante que se deve levar em consideração a essa última etapa, foi que durante a aula pelo *Google Meet*, ao comentar que os mesmos iriam responder um novo questionário sobre o conteúdo da “bicicleta,” surgiram discussões do conteúdo trabalhado, como também, quando questionados pelo professor se lembravam daquelas aulas, um aluno respondeu: “– Claro que sim, foi eu quem pedalou, como iria esquecer”.

Uma amostragem do acompanhamento de um aluno nos questionários encontra-se no Anexo B, houve mais alunos na mesma situação. Unindo com o acompanhamento por observação do interesse e participação manifestados pelos alunos, foi possível verificar que o Produto Educacional fez com que os conhecimentos adquiridos sobre energia e suas transformações e os princípios da conservação teve um aprendizado sólido e consistente por parte deles. Assim, ter planejado, construído e aplicado o aparato com resultados de medidas experimentais, em que explicar o conteúdo foi prazeroso, acompanhando a descoberta dos alunos por meio de meus esclarecimentos, é algo realmente muito satisfatório.

Considerações Finais

A aplicação do Produto Educacional proposto neste trabalho, sendo esse um texto didático-pedagógico, foi estruturada por meio de uma Sequência Didática para utilizar um aparato experimental chamado “*bicicleta dinâmica*”, para trabalhar o conceito de energia e suas transformações, desde a mecânica até a termodinâmica. E ainda explorar o lado científico, coletando dados e calculando a energia dissipada e sua transformação em energia térmica absorvida pela substância em forma de calor.

A proposta do PE foi motivada pela necessidade de criar um estímulo ao público alvo, que são alunos do primeiro ano do Ensino Médio Profissionalizante, pertencentes ao Curso Técnico em Agropecuária, como também fazê-los refletir e analisar o mundo ao seu redor com pensamentos técnico-científicos, deixando então o senso comum em segundo plano.

No entanto, o que ficou mais evidente na aplicação dessa proposta foi o interesse e a participação dos alunos, uma vez que sempre estavam interagindo e envolvidos com toda a dinâmica das aulas.

É notório que o aparato experimental foi o que mais subsidiou o aprendizado desses alunos, uma vez que, quase dois anos depois, os mesmos ainda conseguiram reativar lembranças do assunto e dos conceitos físicos implicados, pois bastou somente comentar da “*bicicleta*” que já foi suficiente para gerar uma pequena discussão do que se tinha trabalhado naquele momento, agora alunos na última série do Ensino Médio, certificando que o uso de uma metodologia adequada e um material eficiente é capaz de criar raízes profundas de conhecimento.

Em relação às análises das respostas, ficou claro que se teve um ganho na aprendizagem, ou seja, o conhecimento foi adquirido, demonstrado pelos argumentos apresentados, pelas falas subsequentes ou pelos questionários avaliativos quando comparados com o diagnóstico.

Os participantes possuem condições de explicar as perguntas que foram escritas na Introdução desta dissertação: “conseguem relacionar com o assunto visto em sala de aula? Conseguem utilizar sua bicicleta para transformar em energia elétrica? Compreendem o processo físico ocorrido? Conseguem quantificar quanto tempo precisam pedalar para carregar a bateria?”.

É claro que todo conjunto trabalhado precisaria de melhorias, isso já se sabia antes

mesmo de sua aplicação, uma vez que toda a metodologia didática ainda estava em processo de lapidação, pois a intenção era deixá-la pronta e ser aplicada em novas turmas no ano subsequente, o que não ocorreu, devido à impossibilidade das aulas presenciais provocada pela Pandemia da COVID-19. No entanto, no que se julgou necessário, os pontos a serem melhorados no Produto Educacional estão reorganizados e ajustados para o seu uso incluindo o uso de simuladores disponíveis de forma gratuita na internet, como a do *Physics at School* (Vascak) e a do *Physics Educational Technology* (PhET), ambos disponíveis para uso em celular. Tendo em mente que o público alvo são alunos de futuras gerações, agora o autor possui um olhar mais afinado em relação às possíveis adaptações, como aspectos metodológicos, por exemplo, atualizando-se com as novas perspectivas existentes na literatura.

Além disso, mesmo antes desses ajustes, já foi possível observar uma Aprendizagem Significativa, comprovada naquele momento que se sustentaram até o presente momento. Pois na discussão após quase 2 anos de aplicação do PE, parte dos alunos mostraram dominar a linguagem científica dos assuntos discutidos, e mostraram que compreenderam os conceitos relacionados à energia e suas transformações, e estão em condições de correlacioná-los com os noticiários veiculados pela mídia eletrônica, escrita, e comentários entre os pares, ou no ambiente de convivência de temas relativos à proposta, e emitir juízos próprios.

Salientamos que todo esse processo foi positivo não somente para os alunos, como também para o docente, autor do presente trabalho, por todo o aprendizado adquirido como aluno do MNPEF.

Ressaltando que o presente aparato experimental “bicicleta dinâmica” permite explorar de forma interdisciplinar com a Biologia e Química (conversão de energias, incluindo a potencial química, conforme já citado), Matemática (cálculos e gráficos), e Geografia (localização de hidroelétricas, termoelétricas, e outras “fontes” de energia) o conceito de energia. Estando de acordo com a nova BNCC (BRASIL, 2018).

Referências Bibliográficas

ALVES, M. J. A. F. e LOURENÇO, M. D. **Automóvel: Sistema de Carga**. Departamento de Engenharia Electrotécnica, ISEP.. 2009. Disponível em: <<http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/PubDid/SistemaCarga.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ASTRATH, E. A. C. (2015). Princípios de uma usina fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio, Dissertação, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2015, Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>. Acesso em: 15/04/2021.

BALISCEI, M. P. (2016). Uma sequência didática alternativa: conceitos de eletricidade e o efeito fotoelétrico utilizando simulações computacionais. Dissertação, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>. Acesso em: 15/04/2021

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M.A; CASEMIRO, R.; BONJORNO R. F. S. A.; **Mecânica**. 3. ed. São Paulo: FDT, 2016.

BRAGA, Newton C. **Como funciona o alternador**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/51-automotivos/709-comofunciona-os-alternadores-art094.html>> Acesso em: 10/01/ 2022

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BUCUSSI, A. A., TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA-IF-UFRGS : Introdução ao Conceito de Energia –v.17 n.2, 2006. Instituto de Física Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

CAMPANHOLI, Jr., L. (2019). O uso de um protótipo de refrigerador com Pastilhas Peltier: uma proposta didática para o processo ensino-aprendizagem das leis da termodinâmica e introdução aos conceitos de termoeletricidade. Dissertação, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2019. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>. Acesso em: 15/04/2021.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G.; VIANA, A. D.; CABRAL, G. C. P., **Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior?** Rev. Grad. USP, vol. 1, n 1, jul. 2016. Disponível em: <http://gradmais.usp.br/vol-1-n-1-jul-2016/>. Acesso: 23/01/2022.

da SILVA, W. ; CLARO, G. R. ; MENDES, A. P. ; **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS**, ANAIS ELETRÔNICOS - EDUCERE – XIII - Congresso Nacional de Educação da PUCPR, 2017. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf. Acesso em: 10/10/2021.

DÍNAMO – o que é? **Fatos & Notícias**, 2021. Disponível em: <<https://fatosnoticias.com.br/index.php/tecnologia/496-dinamo-o-que-e>>. Acesso em: 10 jan. 2022

FERNANDEZ, M. R; NISHIDA, S. M. [2007?] **Interação entre os seres vivos: Fonte e**

fluxo de energia no planeta. Escola Museu do IB - UNESP. Disponível em:<https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/1_interacao/Museu1_interacao_energia.htm>. Acesso em: 22 jan. 2022.

GILL, P., MOGHADAM, T. T., e RANJBAR, B. **Differential Scanning Calorimetry Techniques: Applications in Biology and Nanoscience**, Journal of Biomolecular Techniques 21:167–193, (2010). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2977967/pdf/jbt167.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2022.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Volume 1. 8ª ed. Editora: LTC, 2008.

_____, **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 8ª ed. Editora: LTC, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Volume 1. 10ª ed. Editora: LTC, 2016.

HAZEN, R.M; TREFIL, J. **Saber Ciência**. 2ª ed. São Paulo: Editora de Cultura , 2005

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**. 1ªed. São Paulo: Artmed, 2009.

LUZ C. R. L. **Dínamo**. AMLEF Coleção Glossário - UFRGS: Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/dinamo/>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo**. V.2. 1ª ed. Editora UEPG 2002.

MARTINS, N. **Introdução à Teoria da Eletricidade e do Magnetismo**, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1973

MORAN, M. J., SHAPIRO, H. N. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2013.

MOREIRA, A. dos S., Entendendo a Conservação de Energia Mecânica por Meio de Montanha Russa, 87f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Departamento de Física Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2020. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>. Acesso em: 15/04/2021

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 1982.

MOREIRA, M., Mapas conceituais e aprendizagem significativa, p. 1-14. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em 15 15/05/2021.

MUKAI, H. e FERNANDES, P. R. G., **Manual de Laboratório de Física Experimental II**, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2018. Disponível em: http://www.dfi.uem.br/fisicaold/site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2018/08/Manual-de-Laborat%3%b3rio-de-F%3%adsica-Experimental-II_2018.pdf. Acesso: 23/01/2021.

MUNICIO, A. M.; MARTÍNEZ, A. C. **Diccionario Español de La Energía**. 1ª ed. Madrid: Ediciones Doce Cales Calles, 2004.

NASCIMENTO, F. S. *et al.*, **Estudo de viabilidade de desenvolvimento de um gerador eólico a partir de componentes de mercado**. UFPR. Curitiba. 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9864/2/CT_COEAU_2013_2_02.pdf>. Acesso em: 11/01/2022.

NITSCHKE, F. E. (2019). A Lei de Hooke e conservação de energia: uma proposta experimental aplicada ao primeiro ano do Ensino Médio. 167 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2019. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>. Acesso em: 15/04/2021.

NOVAK, J. D. ; CANÃS, A. J., **A TEORIA SUBJACENTE AOS MAPAS CONCEITUAIS E COMO ELABORÁ-LOS E USÁ-LOS**. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010. Disponível em <http://www.periodicos.uepg.br>, D oi: <http://dx.doi.org/10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029>

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 2002.

_____. **Curso de Física Básica 2: Fluidos Oscilações e Ondas Calor**. 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 2002.

_____, **Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 1997.

OLIVEIRA, M. R.; BONFIM, E. R. C., da SILVA, F. D. M., SOARES, M. R., **O uso de questionários no ensino de Biologia como instrumental avaliativo da aprendizagem: reflexões iniciais**, CONEDU – Anais do VI Congresso Nacional da Educação – Editora realize, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD4_SA16_ID11064_27082019145830.pdf. Acesso: 20/07/2021

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J.M. A energia e a Química: **Química Nova Escola**, n. 8, p. 19-22, nov. 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/conceito>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

PARANÁ, **Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física**. Curitiba: 2009.

PLANAS, O. O que é energia química. **Energia Solar**, 2019. Disponível em: <<https://pt.solar-energia.net/termodinamica/termodinamica-quimica/energia-quimica>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

RAMALHO, F. Jr.; F., G. NICOLAU; Soares, de TOLEDO P. A., **Os fundamentos da física Vol. 1. Mecânica**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

_____, **Os fundamentos da física Vol. 2. Termologia, Geometria da Luz e Ondas**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

_____, **Os fundamentos da física Vol. 3. Eletricidade**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

RITTER, L., 2020. **O Alternador Automotivo**, Imagens: PDF do Instituto Federal de Rio Grande do Norte; Leonardo Ritter, Google Imagens; SENAI-PR.PDF do Instituto Federal de Rio Grande do Norte; SENAI-PR; aparecidooliveira.blogspot.com; Schaeffler (INA); omecanico.com.br; Heliar. Disponível em: <<https://www.hardwarecentral.net/single-post/o-alternador-automotivo>>. Acesso em 07/01/2021.

ROCHA, J. F. (Org.); PONCZEK, R. I. L.; PINHO, S. T. R.; ANDRADE, R. F. S.; JÚNIOR, O. F.; FILHO, A. R. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

SACRISTÁN, G.; GOMES, P. **Compreender e transformar o ensino**. 4ª ed. São Paulo: Artmed, 1998.

SALVADOR, C. C.; ALEMANY, I.; MARTÍ, E.; MAJÓS, T.; MESTRES, M.; GOÑI, J.; GALLART, I.; GIMÉNEZ, E. **Psicologia do Ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física: Mecânica, Oscilações e ondas, Termodinâmica**. V. 2. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006.

WIKIPEDIA, 2020 – **Usina Hidrelétrica de Rosana**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Usina_Hidrel%C3%A9trica_de_Rosana&oldid=59532339>. Acesso: 15/12/2020.

YOUNG, Hugh D. **Física I e II/Young e Freedman**; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moysés Luiz. -12ª ed. – São Paulo: Addison Wesley, 2008.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2014.

ZABALA, A. **A Prática Educativa – Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZEMANSKY, M. W; SEARS, W. F. **Física: Mecânica – Hidrodinâmica**. V. 1. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Universidade de Brasília, 1973.

Anexo A - Termo de Autorização



GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
NÚCLEO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE LOANDA
CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DO NOROESTE
ROD. PR 182 KM 01 - CEP 87.990-000 - DIAMANTE DO NORTE-PR
TEL.: (44) 3429-8300 - FAX: (44) 3429-8019
E-mail: dttcolagricola@seed.pr.gov.br



TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu Ivo Jioti Suzuki, Diretor e representante legal do Centro Estadual de Educação Profissional do Noroeste, tenho ciência e autorizo o Professor Mario Fernando Sasso à utilizar suas aulas para apresentar uma unidade didática, dentro da disciplina de física, ao 1º ano do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio. Esta apresentação é parte do trabalho de pesquisa desenvolvido pelo professor supracitado e está vinculado ao Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física (MNPEF). Para tal, devem ser utilizadas as aulas ao final do semestre e após ter sido cumprida a ementa padrão do curso.

Diamante do Norte, 12 de novembro de 2019.




Anexo B – Amostragem do questionário diagnóstico/avaliativo/complementar

Escolheu-se para essa amostragem somente o questionário de um(a) aluno(a), para fim de exemplificação. Embora o questionário tenha sido de múltipla escolha, os alunos procuraram realmente analisar e responder.

B1- Questionário Diagnóstico – Aluno 15


MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

U
E

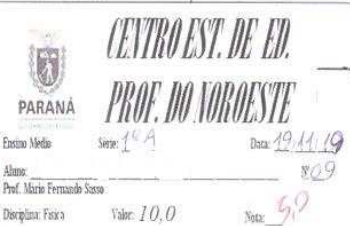


Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação do
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física

MNPEF



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



CENTRO EST. DE ED. PROF. DO NOROESTE
PARANÁ

Curso Médio: Série: 1^ªA Data: 19/11/19
Aluno: 809
Prof. Mario Fernando Sosa
Disciplina: Física Valor: 10,0 Nota: 9,0

1) A energia potencial gravitacional e a energia cinética de um corpo, depende respectivamente:

a) da massa do corpo e da velocidade do corpo
 b) da aceleração do corpo e da massa do corpo
 c) da altura do corpo e da velocidade do corpo
 d) da altura do corpo e da massa do corpo
 e) da potência do corpo e da velocidade do corpo

2) Em um motor de carro, a energia _____ do combustível é convertida em energia _____. Essa energia liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, energia _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas:

a) potencial elástica – potencial térmica – cinética
 b) potencial química – térmica – cinética
 c) cinética orgânica – cinética – térmica
 d) potencial elástica – potencial gravitacional – cinética
 e) potencial química – térmica – elétrica

3) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento.
Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

a) energia elétrica em energia térmica
 b) energia elétrica em energia cinética
 c) energia potencial química em energia elétrica
 d) energia elétrica em energia potencial gravitacional
 e) energia elétrica em energia potencial elástica

4) Existem vários exemplos que demonstram, de fato, que a energia sofre transformações. Sobre o Lei da conservação da energia em um sistema isolado, assinale a alternativa correta:

a) Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.
 b) Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido as forças resistivas existentes.
 c) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em um sistema ideal, caso tratar de um sistema real, não podemos fazer tal afirmação.
 d) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.
 e) Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.

5) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2m de altura é de: Adote $g=10m/s^2$.

a) 10 joules
 b) 20 joules
 c) 30 joules
 d) 40 joules
 e) 50 joules

6) Um motorista, após ver algo que exija uma freada, leva um certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distância será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro, uma vez que, esse tempo aumenta quando o motorista está sob efeito do álcool.
Após o tempo de reação, quanto maior a velocidade do veículo, maior será a distância de freada, que indica que o trabalho foi maior, porque o carro o carro tinha mais energia. Dessa forma, a energia cinética que um carro contém, considerando que ele possui uma massa de 800kg e velocidade de 72km/h é de:

a) 57 600 joules
 b) 20 000 joules
 c) 320 000 joules
 d) 180 000 joules
 e) 160 000 joules

7) Uma melancia de 5kg é abandonada a partir do repouso de uma janela do quinto andar de um prédio, localizada a 20m em relação ao solo. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra com $g=10\text{m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, o que mudaria se fosse uma laranja, de 140g (0,14kg) sendo abandonada a partir do repouso da mesma posição?

- a) a velocidade final e a força exercida no solo.
- b) somente a velocidade final.
- c) a aceleração adquirida e a velocidade final.
- d) somente a força exercida no solo.
- e) nada irá se alterar.

8) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

$$\begin{array}{r} 200 \\ \times 20 \\ \hline 4000 \end{array}$$

9) Resistor elétrico é um componente muito abundante em circuitos elétricos com a função de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- b) converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- c) produz energia térmica por meio do efeito joule.
- d) converte energia elétrica em potencial química.
- e) converte a energia elétrica em choque elétrico.

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

- a) Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.
- b) Não, somente as baterias conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as usinas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.
- c) Não, somente as usinas conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.

Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.
e) Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.

B2- Questionário Avaliativo – Aluno 15

 <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>U E MNPEF</p>	<p>Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Exatas Departamento de Física Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
--	--	--	--

CENTRO EST. DE ED.
PROF. DO NOROESTE

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

Ensino Médio Série: ___ Data: 09/12/19

Aluno: _____ Nº: _____

Prof. Mário Fernando Sloss

Disciplina: Física Valor: 10,0 Nota: 8,0

1) A energia potencial gravitacional e a energia cinética de um corpo, depende respectivamente:

- a) da massa do corpo e da velocidade do corpo
- b) da aceleração do corpo e da massa do corpo
- c) da altura do corpo e da velocidade do corpo
- d) da altura do corpo e da massa do corpo
- e) da potência do corpo e da velocidade do corpo

2) Em um motor de carro, a energia química do combustível é convertida em energia térmica. Essa energia liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, energia cinética.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas:

- a) potencial eólica – potencial térmica – cinética
- b) potencial química – térmica – cinética
- c) cinética orgânica – cinética – térmica
- d) potencial elástica – potencial gravitacional – cinética
- e) potencial química – térmica – elétrica

3) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento.

Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

- a) energia elétrica em energia térmica
- b) energia elétrica em energia cinética
- c) energia potencial química em energia elétrica
- d) energia elétrica em energia potencial gravitacional
- e) energia elétrica em energia potencial elástica

4) Existem vários exemplos que demonstram, de fato, que a energia sofre transformações. Sobre o Lei da conservação da energia em um sistema isolado, assinale a alternativa correta:

- a) Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.
- b) Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido as forças resistivas existentes.
- c) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em um sistema ideal, caso tratar de um sistema real, não podemos fazer tal afirmação.
- d) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.
- e) Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.

5) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2m de altura é de: Adote $g=10m/s^2$.

- a) 10 joules
- b) 20 joules
- c) 30 joules
- d) 40 joules
- e) 50 joules

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pg} = 2 \cdot 10 \cdot 2$$

$$E_{pg} = 40 \text{ J}$$

6) Um motorista, após ver algo que exija uma freada, leva um certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distancia será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro, uma vez que, esse tempo aumenta quando o motorista está sob efeito do alcool.

Após o tempo de reação, quanto maior a velocidade do veículo, maior será a distância de freada, que indica quo o trabalho foi maior, porque o carro o carro tinha mais energia. Dessa forma, a energia cinética que um carro contém, considerando que ele possui uma massa de 800kg e velocidade de 72km/h é de:

- a) 57 600 joules
- b) 20 000 joules
- c) 320 000 joules
- d) 180 000 joules
- e) 160 000 joules

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot (20)^2$$

$$E_c = 400 \cdot 400$$

$$E_c = 160 000 \text{ J}$$

7) Uma melancia de 5kg é abandonada a partir do repouso de uma janela do quinto andar de um prédio, localizada a 20m em relação ao solo. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra com $g=10\text{m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, o que mudaria se fosse uma laranja, de 140g (0,14kg) sendo abandonada a partir do repouso da mesma posição?

- a) a velocidade final e a força exercida no solo.
- b) somente a velocidade final.
- c) a aceleração adquirida e a velocidade final.
- d) somente a força exercida no solo.
- e) nada irá se alterar.

8) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

9) Resistor elétrico é um componente muito abundante em circuitos elétricos com a função de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- b) converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- c) produz energia térmica por meio do efeito joule.
- d) converte energia elétrica em potencial química.
- e) converte a energia elétrica em choque elétrico.

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

- a) Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.
- b) Não, somente as baterias conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as usinas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.
- c) Não, somente as usinas conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que, as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.

Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.
e) Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.

B3– Questionário Avaliativo Complementar – Aluno 15

Leia o seguinte trecho da reportagem da Revista Exame, do dia 28/05/2021: "Há algumas semanas uma crise no abastecimento dos reservatórios de hidrelétricas no Brasil tem acendido alertas de risco energético para este ano. O país, que tem pressão crescente no setor de geração elétrica, terminou o período chuvoso em abril com os menores níveis dos reservatórios da região Sudeste/Centro-Oeste, a principal em termos de geração hidráulica de energia, para o mês desde 2015, quando o país também enfrentou crise hídrica severa. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai". Disponível em: <<https://exame.com/economia/crise-no-setor-eletrico-brasil-corre-risco-de-falta-de-energia/>>. Acesso em: 31 mai. 2021.

1) De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

- as chuvas são fontes diretas de energia elétrica.
 - quando devidamente armazenadas as águas das chuvas, contém energia elétrica.
 - os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial elétrica.
 - os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial gravitacional.
 - os reservatórios hídricos, são fontes de energia cinética.
-

2) De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

- as termelétricas extraem a eletricidade estática dos combustíveis.
- os combustíveis utilizados nas termelétricas possuem energia elétrica armazenada.
- os combustíveis são fontes de energia potencial química.
- os combustíveis são fontes de energia potencial gravitacional
- os combustíveis são fontes de energia cinética

3) Sobre o Lei da conservação da energia em um sistema, assinale a alternativa correta, aprendidos com o uso da bicicleta na sala de aula, pode se afirmar que:

- Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.
- Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido as forças resistivas existentes.
- A energia total se conserva somente em um sistema ideal, em um sistema real, isso jamais ocorre.
- Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.
- Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.

4) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2m de altura é de: Adote $g=10m/s^2$.

- 10 joules
- 20 joules
- 30 joules
- 40joules
- 50joules

5) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento. Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

- energia elétrica em energia térmica
- energia elétrica em energia cinética
- energia potencial química em energia elétrica
- energia elétrica em energia potencial gravitacional
- energia elétrica em energia potencial elástica

6) Usinas termelétricas produzem energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível e gás natural em uma caldeira, ou pela fissão de material radioativo (como o urânio). Assinale a alternativa correta que demonstra as conversões de energia realizadas por uma usina termelétrica:

- energia potencial química - energia térmica - energia elétrica
- energia potencial química - energia térmica - energia cinética- energia elétrica
- energia potencial química - energia elétrica
- energia térmica - energia elétrica
- energia potencial química - energia térmica

7) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganha pela água nesse intervalo de tempo é de:

- 4000 calorias
- 6000 calorias
- 10 000 calorias
- 10 calorias
- impossível determinar

8)É impossível listar todas as transformações de energia existentes. Isso acontece porque toda energia que conhecemos é transformada de alguma forma. Dessa forma, em última instância, pode-se dizer que toda a energia do universo é conservada. Em seguida, apresentaremos algumas transformações energéticas comuns no nosso dia a dia.A transformação de energia é um conceito muito comum nas Ciências da Natureza. Esse fato da energia ser transformada possibilita a existência de diversas coisas do nosso cotidiano. Desde o carro, que transforma a _____ da combustão da gasolina em _____, até uma lâmpada incandescente, que transforma a _____ em energia _____ e _____. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto acima:

- energia potencial química - energia potencial elástica - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- energia potencial elástica - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica
- energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia elétrica
- energia potencial química - energia cinética - energia térmica- energia luminosa - energia elétrica
- energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica

9) O resistor elétrico, ou como é comumente chamado, a resistência de um chuveiro elétrico é um componente cuja função é de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- produz energia térmica por meio do efeito joule.
- converte energia elétrica em potencial térmica.
- converte a energia elétrica em choque elétrico.

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nos pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima. *

- Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.
- As baterias e pilhas produzem energia elétrica e as usinas têm apenas a capacidade de convertê-la.
- Na verdade só as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.
- Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.
- Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Nota: 8,0/10,0

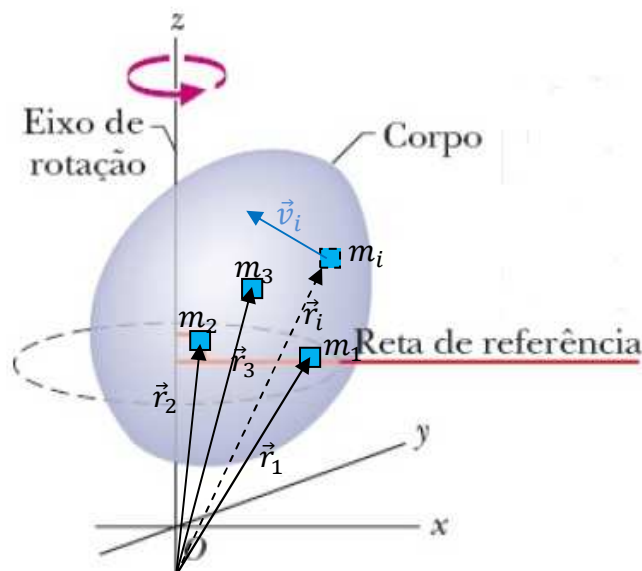
Apêndice A – Energia Cinética de Rotação

O aparato experimental em sua plena utilização faz a energia se manifestar em algumas formas bem distintas, e uma delas, que de certa forma é significativa ao presente trabalho trazer uma explanação, é a energia cinética de rotação, presente na roda traseira da bicicleta quando se faz uso do referido equipamento.

Assim, conforme citado em Young (2008, p.296), um corpo rígido girando, ao ser constituído de massa, também possui energia cinética, descrita em termos da velocidade angular do corpo e de uma grandeza denominada momento de inércia, que depende da massa do corpo e de como a massa é distribuída em relação ao eixo de rotação.

Para melhor entendimento dessa relação, o alusivo autor se refere a um corpo imaginário constituído por um grande número de partículas com massas m_1, m_2, \dots situados respectivamente às distâncias $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots$ do eixo de rotação, sendo que tais partículas são identificadas por um índice i , em que a massa da i -ésima partícula possui massa m_i e a sua distância ao eixo de rotação é \vec{r}_i (Figura A.1).

Figura A.1 – Ilustração de uma distribuição de massas m_i em relação ao eixo de rotação \vec{r}_i de um corpo c girando em torno de um eixo fixo.



Fonte: adaptada de Halliday *et al.*, 2010.

Assim, quando um corpo rígido gira em torno de um eixo fixo, a velocidade \vec{v}_i da i -ésima

partícula é dada, considerando o sentido de rotação anti-horário, conforme mostrado na Figura A.1,

$$\vec{v}_i = r_i \omega, \quad (A.1)$$

em que $\vec{\omega}$ é a velocidade angular do corpo, que, para as demais partículas que possuem valores diferentes de r , $\vec{\omega}$ possui sempre o mesmo valor ω , e a energia cinética da i -ésima partícula

$$E_c = \frac{1}{2} m_i v_i^2,$$

substituindo a equação (A.1), fica expressa como,

$$E_c = \frac{1}{2} m_i (r_i \omega)^2 = \frac{1}{2} (m_i r_i^2) \omega^2. \quad (A.2)$$

a energia cinética total do corpo “ E_c ” é a soma das energias cinéticas de todas as partículas que constituem o corpo,

$$E_c = \frac{1}{2} m_1 r_1^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m_2 r_2^2 \omega^2 + \dots = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2 \quad (A.3)$$

A quantidade $m_i r_i^2$ é conhecida como o momento de inércia de uma distribuição discreta de todas as partículas girando em torno de um eixo fixo,

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

tal que,

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2 = E_{cR}. \quad (A.4)$$

Para um corpo rígido girando em torno de um eixo fixo, o momento de inércia é dado por:

$$I = \int r^2 dm. \quad (A.5)$$

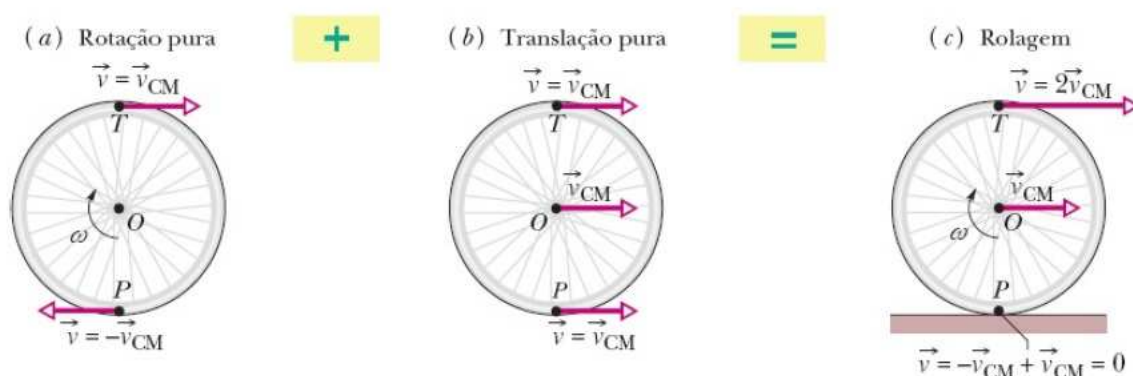
Em que dm são os elementos de massa que compõe o corpo, e r a distância do eixo de rotação e sua posição, somadas de forma contínua

Halliday *et al.* afirmam que:

Um objeto em rolamento possui dois tipos de energia cinética: uma energia cinética de rotação ($\frac{1}{2}I_{CM}\omega^2$) associada à rotação em torno do centro de massa e uma energia cinética de translação ($\frac{1}{2}Mv_{CM}^2$) associada à translação do centro de massa. (HALLIDAY *et al.*, 2001, p. 298)

Normalmente uma bicicleta em movimento fora de uma plataforma fixa possui o movimento de rotação e de translação (Figura A.2).

Figura A.2 – Desenho esquemático indicando o movimento do pneu de uma bicicleta, (a) de rotação pura, (b) de translação pura e (c) os dois s juntos denominado de rolagem.



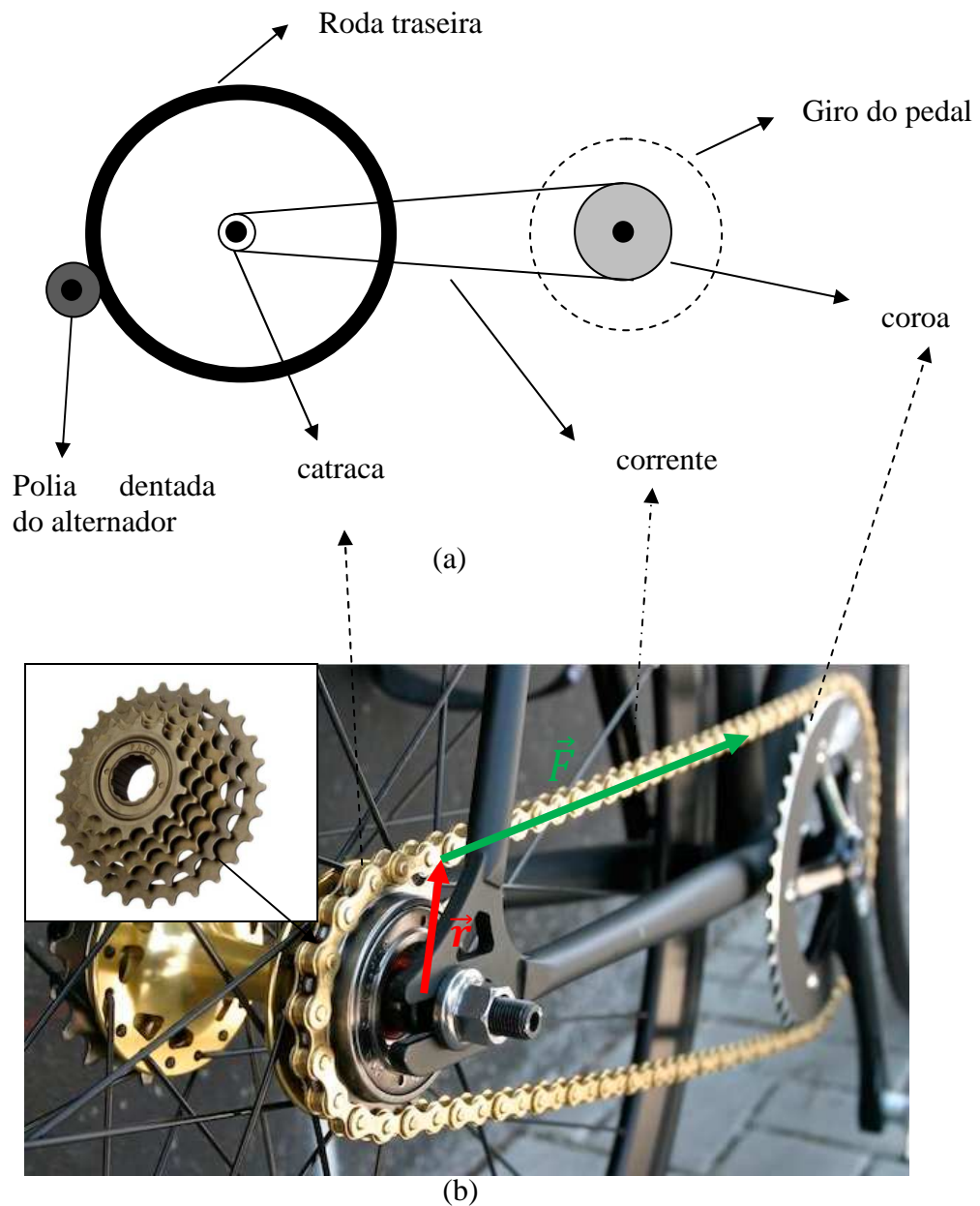
Fonte: Halliday *et al.*, 2010.

Como apresentado no final do Capítulo 2, na seção 2.2.11, é importante destacar que o aparato experimental do presente trabalho não apresenta a energia cinética de translação, a qual está associada à translação do centro de massa, uma vez que o mesmo é estacionário.

A determinação experimental da velocidade para obter a energia cinética de rotação da roda traseira não foi possível, uma vez que a diferença na força de rolamento da polia do alternador, a qual gira em contato da roda da bicicleta é diferente ao longo do processo. Optou-se por discutir a transformação de energias e somente medir as grandezas referentes à transformação da energia elétrica em térmica.

Na Figura A3, apresenta-se um desenho esquemático, para mostrar o grau de dificuldade para calcular a energia cinética de rotação do pneu traseiro, mesmo de forma teórica. Além de depender do número de dentes que a coroa e a catraca possui, tem ainda o fator de usar uma bicicleta de marchas, envolvendo mais de um disco na catraca (Figura A3 (b) no destaque).

Figura A3 – (a) Desenho esquemático dos principais elementos que transformam a energia mecânica em energia elétrica, considerando que a energia cinética é a de rotação de cada elemento. (b) Imagem fotográfica de parte da bicicleta e em destaque uma catraca de 6 marchas.



Fonte: (a)cedido por H. Mukai, (b) adaptada de <https://www.mx bikes.com.br/peças-para-bike/catraca-roda-livre>, do destaque: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_2X_989484-MLB31939117728_082019-F.jpg

Se fosse constante, não houvesse o fator descrito na seção 1.2.11, a energia cinética de rotação no ponto onde a polia do alternador toca a roda, seria dada por

$$E_{cR} = \frac{1}{2} I \omega^2. \quad (A.6)$$

Com I dado pelo teorema dos eixos paralelos caso a bicicleta transladasse,

$$I = I_{CM} + MR^2$$

Mas, como isso não ocorre, $I_{CM} = 0$,

$$I = MR^2, \quad (A.7)$$

tem-se que,

$$E_{CR} = \frac{1}{2}(MR^2)\omega^2 \quad (A.8)$$

sendo M e R a massa e o raio do pneu respectivamente. A velocidade de rotação vai depender das características da catraca e da coroa, além da frequência de quem pedala. Conhecendo a força de tração na corrente, indicada em verde na Figura A3 (b), podemos usar o conceito de torque, $\vec{\tau}$,

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (A.9)$$

em que \vec{r} é a distância do eixo de rotação (indicado em vermelho na Figura A 3 (b)) até o ponto onde atua a força \vec{F} que realiza o torque. Sua magnitude é dada por

$$\tau = rF \sin \theta$$

sendo, θ o ângulo entre \vec{r} e \vec{F} , no caso 90° , tal que,

$$\tau = rF. \quad (A.10)$$

Como $\tau = I\alpha$, a equação (A.10) fica escrita na forma,

$$I\alpha = rF. \quad (A.11)$$

Da cinemática de rotação,

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = \alpha t, \text{ ou seja, } \alpha = \frac{\omega}{t}.$$

E a equação (A.11), torna-se

$$\omega = t \frac{r}{I} F$$

Substituindo a equação (A.7) tem-se que, $\omega = t \frac{r}{MR^2} F$, que substituída na equação (A.8) obtém-se que a energia cinética de rotação do pneu traseiro girando livre é dada por:

$$E_{cR} = \frac{1}{2}(MR^2) \left(\frac{trF}{MR^2} \right)^2 = \frac{t^2 r F^2}{2MR^2}. \quad (A.12)$$

Válida em uma situação ideal, com F, r , constantes no tempo t .

Referência:

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Volume 1. 10ª ed. Editora: LTC, 2016.

Apêndice B - Investimento no Aparato Experimental

Neste apêndice estão representados em uma tabela, atualizada dia 12/05/2021, os materiais que foram utilizados na construção do Aparato Experimental, com também o valor unitário de cada um e as possibilidades de substituições, as quais não causariam prejuízos aos resultados esperados.

Tabela B1 - Tabela dos materiais que compõem todo o aparato experimental, seguida do valor unitário de cada um, como também sugestões para uma possível substituição.

Material Utilizado	Valor Aproximado	Outras Possibilidades/Sugestões
1 bicicleta aro 26 -18marchas	R\$ 550,00	Emprestar alguma, uma vez que a mesma não sofre adaptações, ou então, utilizar outra com dimensão de aro ou número de marchas diferentes. Lembrando que se diminuir o tamanho do aro da bicicleta, é importante aumentar a dimensão da polia do alternador.
1 polia dentada 123,4mm, feito usinagem	R\$ 200,00	Polia do Comando do Motor Ap 1.6, com diâmetro de 132,06mm, feito usinagem.
1 Estrutura metálica	R\$ 700,00	Construir uma estrutura com dimensões diferentes. Pode realizar um novo projeto, diminuindo a quantidade de material disponível, porém, mantendo toda resistência do projeto inicial.
1 alternador automotivo 35A (usado da Bosch)	R\$ 350,00	Utilizar um novo ou outro com especificações técnicas diferentes. Caso seja algum com uma amperagem maior, aquecerá a água mais rapidamente.
1 bateria automotiva 12V e 35A	R\$ 280,00	Utilizar de motocicleta, considerando que tenha a mesma ddp.
1 chave de luz universal com 3 posições	R\$ 30,00	Utilizar chave de alavanca de três posições (OFF, ON1 e ON2).
2 tomadas residencial	R\$ 9,00 valor unitário	Utilizar plug – fêmea 3P
1 lâmpada 12V - 2W	R\$ 12,00	Não é possível substituir
0,4m de fio de cobre – diâmetro 4mm	R\$ 2,50 valor de 1m	Utilizar fios de 2,5mm, pois, uma fiação com espessura menor, não irá prejudicar os resultados finais.
4,5m de fio de cobre – diâmetro	R\$ 3,50	Utilizar fios de 4mm, visto que, uma fiação com espessura menor não irá prejudicar os

6mm	valor de 1m	resultados finais.
0,3m de fio duplo – diâmetro 1,5mm	R\$3,50	Substituir por cabo paralelo para alto falante 2x,03mm – bicolor, uma vez que não afetará o funcionamento do micromotor.
1 par de terminal de engate rápido para bateria	R\$ 55,00	Substituir por Terminal de Bateria - Modelo Sapinho, pois tem um custo menor. Porém, deverá utilizar uma chave compatível para sua fixação.
1 porta garrafa térmico com isopor® e tampa.	R\$ 25,00	Usar um calorímetro, o qual possivelmente pode ser encontrado em um laboratório de ciências da Escola
1 resistência para chuveiro 110V	R\$ 13,00	Utilizar uma com ddp de 12V. Irá aumentar a eficiência do aquecimento.
1 termômetro digital, tipo vareta	R\$ 80,00	Utilizar um termômetro para produtos alimentares.
1 multímetro*	R\$ 40,00	Utilizar um voltímetro, uma vez que no aparato experimental só se verifica-se a ddp.
1 Plugue Bipolar (3Pinos + terra) macho - 10A	R\$ 8,00	Utilizar conjunto Industrial Tomada + Plugue Steck 3p+t, o que vai oferecer maior segurança ao circuito elétrico.
1 micro motor DC – 12V - 3500 rpm;	R\$ 20,00	Não colocar, homogeneizar a água manualmente nos mesmos intervalos de tempo.
1 interruptor liga/desliga tipo gangorra – 10A	R\$ 3,50	Utilizar chave de alavanca de duas posições (OFF e ON)

Fonte: o autor.

* caso queira acompanhar a corrente, é necessário ter dois multímetros, um ligado em série no circuito e a escala em Ampère (A), e o outro na escala em Volts (V) e ligada em paralelo no circuito. Antes utilizar o multímetro para aferir o valor da resistência na escala Ohm (Ω).

Apêndice C - Currículo Freire

CURRÍCULO		PLATAFORMA FREIRE
		
MARIO FERNANDO SASSO		
Última atualização do currículo em 29/09/2021 07:16:38.		
<p>Possui Graduação em PEDAGOGIA realizado pelo(a) CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL, Graduação em FÍSICA realizado pelo(a) UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA, Graduação em CIÊNCIAS realizado pelo(a) UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - PARANAÍ - FAFIPA e Ensino médio realizado pelo(a) RUI BARBOSA C E EM, Possui Especialização em EDUCAÇÃO ESPECIAL INCLUSIVA realizado pelo(a) INSTITUTO SUPERIOR TUPY, Especialização em GESTÃO ESCOLAR: SUPERVISÃO E ORIENTAÇÃO realizado pelo(a) Faculdades Integradas do Vale do Ivaí - UNIVALE e Mestrado Profissional em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado pelo(a) UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. Atua como Docente no(a) Educação profissional técnica de nível médio em CENTRO EST EDUC PROFIS NOROESTE - Diamante do Norte/PR .</p>		
Dados Pessoais		
Nome: MARIO FERNANDO SASSO Nacionalidade: Brasil		
Formação Acadêmica		
03/2019 - Atual	Formação Continuada: Pós-graduação / Mestrado Profissional / Stricto Sensu em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Título: DINAMIZANDO O USO DE UMA BICICLETA, PARA TRABALHAR A TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA no(a) UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ Em andamento	
02/2011 - 10/2011	Formação Continuada: Pós-graduação / Especialização / Lato Sensu em GESTÃO ESCOLAR: SUPERVISÃO E ORIENTAÇÃO Título: ÉTICA E MORAL: CONCEITOS E QUESTÕES NA EDUCAÇÃO ESCOLAR CONTEMPORÂNEA no(a) Faculdades Integradas do Vale do Ivaí - UNIVALE Concluído	
05/2009 - 02/2011	Formação Continuada: Pós-graduação / Especialização / Lato Sensu em EDUCAÇÃO ESPECIAL INCLUSIVA Título: COMO O SOFTWARE DOSVOX, VERSÃO 4.1 PODE AJUDAR NO TRABALHO DE PROFESSORES COM ALUNOS DEFICIENTES VISUAIS no(a) INSTITUTO SUPERIOR TUPY Concluído	
05/2017 - 08/2019	Formação Acadêmica: Graduação Licenciatura em PEDAGOGIA no(a) CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL Concluído	
03/2005 - 12/2006	Formação Acadêmica: Graduação Licenciatura em FÍSICA no(a) UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA Concluído	
03/2001 - 12/2004	Formação Acadêmica: Graduação Licenciatura em CIÊNCIAS no(a) UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - PARANAÍ - FAFIPA Concluído	
02/1998 - 12/2000	Formação Acadêmica: Ensino médio no(a) RUI BARBOSA C E EM Concluído	
Idiomas		
ESPAÑHOL	Fala: Pouco; Escreve: Pouco; Lê: Razoável; Compreende: Razoável;	
Experiência Profissional na Educação Básica		
RUI BARBOSA C E EM , Itaúna do Sul , PR Docente 03/2021 - Atual	Situação Funcional: Concursado Carga Horária: 6 Etapas: Ensino Médio (série) na disciplina de: Física.	
CENTRO EST EDUC PROFIS NOROESTE , Diamante do Norte , PR Docente 02/2018 - Atual	Situação Funcional: Concursado Carga Horária: 20 Etapas: Educação profissional técnica de nível médio na disciplina de: Física.	
ARY J DRESCH C E EF M N PROFIS , Nova Londrina , PR Docente 02/2012 - 12/2015	Situação Funcional: Concursado Carga Horária: 12 Etapas: Ensino Médio (série) na disciplina de: Física.	
IZABEL C E PRINC EF M , Marilena , PR Docente 03/2009 - Atual	Situação Funcional: Concursado Carga Horária: 20 Etapas: Ensino Médio (série) na disciplina de: Física.	
Participações em Eventos		
2020	Evento: V Encontro Regional de Ensino de Física (EREF). Natureza: ENCONTRO. Município: Palotina; UF: PR. Participou como: Palestrante; Título: Dinamizando o uso de uma bicicleta para trabalhar a transformação da energia.	
2001	Evento: IV Fórum das Faculdades Estaduais do Paraná.. Natureza: CONGRESSO. Município: Cornélio Procopio; UF: PR.	

Apêndice D - Produto Educacional

Neste apêndice está apresentado o PE como um encarte, como intuito de ser utilizado separadamente da dissertação, sendo este um material didático-pedagógico originado do trabalho de Mestrado.



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico



BICICLETA DINÂMICA – COMO COMPREENDER O PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA PEDALANDO

Mário Fernando Sasso e Hatsumi Mukai

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

Maringá - PR
Março, 2022

Apresentação

Prezado Professor,

Este trabalho trata de um Produto Educacional sobre a descrição de uma prática pedagógica, demonstrando toda construção e funcionamento de um aparato experimental denominada de *Bicicleta Dinâmica*, constituído de uma estrutura metálica, com a finalidade de sustentar uma bicicleta e demais componentes, cujo propósito é de converter energia química em energia mecânica, esta em energia elétrica, sucessivamente em calor, e ter como resultado experimental o valor da energia dissipada e a absorvida, possibilitando obter a capacidade térmica de um calorímetro.

Uma prática pedagógica está sujeita a uma escolha de atividades necessárias para fomentar o processo de ensino-aprendizagem, em decorrência disso, para o estudo do tema energia e suas variadas formas, o respectivo trabalho possibilita a diversificação das aulas, uma vez que faz uso de variados recursos didáticos, trazendo a possibilidade de tornar a aprendizagem mais significativa e atraente.

Em primeiro lugar, demonstramos todo o procedimento de construção do aparato experimental, demonstrando suas especificações técnicas, bem como sua importância e utilização no presente trabalho. Em sequência, é apresentada uma proposta de sequência didática com ações que nortearão o processo pedagógico e por fim, o questionário, como um dos métodos avaliativos. Essa proposta, é prevista para duração de 7 encontros, com aulas de 50 minutos cada, variando de 7 a 12, dependendo do que se deseja abordar com o aparato experimental. O conteúdo aqui apresentado faz parte da dissertação de mestrado de um dos autores, SASSO (2022), pois é parte integrante da mesma, não constituindo assim auto-plágio.

Este material estará disponível para *download* na página do MNPEF/DFI/UEM (<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Os autores

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	157
1 - O APARATO EXPERIMENTAL.....	160
1.1 Estrutura e Guia de Montagem.....	160
1.1.1 Montagem da parte elétrica.....	163
1.1.2 Montagem do Calorímetro.....	167
1.1.3 Montagem Experimental.....	170
1.2 Procedimento Experimental para o uso da Bicicleta Dinâmica.....	172
1.2.1 Experimento I – Dissipação e Absorção de Energia – Efeito Joule.....	174
1.2.2 Experimento II (a) – Calorimetria – Método 1	174
1.2.3 Experimento II (b) – Calorimetria – Método 2	176
2 - ASPECTOS METODOLÓGICOS DO PE.....	178
2.1 Objetivos do Produto Educacional.....	178
2.2 Contextualização na DCE/PR de Física.....	179
2.3 Metodologia para a aplicação da Sequência Didática.....	179
2.3.1 Sequência Didática.....	180
2.3.2 Desenvolvimento da SD por Encontro.....	181
Encontro 01 – Aplicação do Questionário Diagnóstico e histórico.....	182
Encontro 02 – Explanação do assunto e construção do Mapa Conceitual.....	187
Encontro 03 – A Energia no Aparato Experimental.....	202
Encontro 04 – Montagem, apresentação, utilização do aparato experimental e coleta de dados.....	213
Encontro 05 – Análise quantitativa e discussão dos dados coletados experimentalmente	216
Encontro 06 e 07 –Aplicação do Questionário Avaliativo e Complementar.....	219
Finalização da Sequência Didática.....	222
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	223
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	225
APÊNDICE I – Investimento no Aparato Experimental.....	227
APÊNDICE II– Textos Complementares.....	229
II-1 – Mapas Conceituais.....	229
II-2 – Energia Potencial Elástica (E_{el}).....	231
II-3 – Lei da Indução Eletromagnética aplicada no aparato Experimental.....	232
II-4- Relato da escolha do uso de um alternador automotivo.....	236
Referências Bibliográficas.....	238
APÊNDICE III –Taxa de decaimento de Newton.....	239

INTRODUÇÃO

O presente Produto Educacional (PE) reúne instruções para a construção de um aparato experimental que se apresenta por um conjunto de acessórios ligados a uma estrutura metálica, que tem como princípio demonstrar algumas formas que a energia pode se apresentar e de uma proposta de sequência didática para o seu uso em sala de aula e nos conteúdos previstos na BNCC em Ciências da Natureza (BNCC, 2018), voltada para o Ensino Médio.

É fato que estão disponíveis nos livros didáticos ou em apostilas voltadas para a educação básica o tema energia, porém, os conceitos de energia que são discutidos, muitas vezes, se limitam ao estudo da Energia Mecânica que é constituída de Energia Cinética, da Energia Potencial, e normalmente só se aborda a Gravitacional e a Elástica, desconsiderando o quanto o estudo da energia é algo amplo, criando então uma lacuna no processo de ensino aprendizagem dos educandos.

Uma vez que as concepções voltadas para o estudo da energia são limitadas somente a alguns elementos e considerando a experimentação como parte essencial no processo de construção do conhecimento científico, elaborou-se uma proposta de ensino que possibilita interligar a historicidade, os elementos contextuais e a experimentação em uma situação prática.

Toda estrutura tem como principal finalidade a observação e a análise quantitativa, considerando o Princípio da Conservação da Energia, viabilizada pela facilidade de encontrar os materiais que o constitui e a possibilidade do aparato experimental ser utilizado em sala de aula com participação dos alunos para a coleta de dados experimentais, assim, servindo de instrumento de mediação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Em primeiro lugar, apresenta-se um guia de montagem de todo o aparato experimental, seguido de uma proposta de sequência didática para o bom emprego de toda estrutura, como também a verificação do conhecimento adquirido sobre o conceito de Energia, norteadas pela teoria de aprendizagem de David Ausubel. (MOREIRA, 1999).

A vinculação entre as novas ideias com o conhecimento prévio do indivíduo é a chave da Aprendizagem Significativa, onde, a potencialidade significativa do material e a pré-disposição positiva do indivíduo em relação à aprendizagem, respectivamente, são os

requisitos para se produzir tal aprendizagem.

À vista disso, Ausubel considera a pré-disposição positiva do indivíduo para a produção de uma Aprendizagem Significativa, estar ligada a componente motivacional, emocional e de atitude. (SACRISTÁN e GOMES, 1998, p. 38).

Assim, o processo de ensino aprendizagem para Ausubel implica em uma interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o material/conteúdo de aprendizagem. Sua caracterização se salienta em três noções básicas,

- o *Conceito Inclusor*, que se refere às ideias que já existem na estrutura cognitiva, servindo de ponto de localização para os novos juízos,
- a *Inclusão Obliteradora*, que trata de um processo de interação entre o material de aprendizagem e o(s) conceito (s) inclusor (es) e
- a *Assimilação*, a qual é a interação do material novo com o material já existente,

ou seja, no ponto de vista de Ausubel, César Coll Salvador cita que “o resultado dos processos de inclusão obliteradora é uma autêntica assimilação entre os velhos significados e os novos, o que implica uma estrutura mais rica e diferenciada que a original” (SALVADOR *et al.*, 2000, p. 234).

Uma vez esta teoria de aprendizagem vem ao encontro com os propósitos dos autores, decidiu-se adotá-la como processo metodológico para o presente trabalho.

Com a escolha do tema, a metodologia e o anseio de trazer algo a complementar à prática docente, veio então a necessidade de criar um aparato experimental que pudesse demonstrar certas conversões de energia utilizando materiais que permitam fornecer algum resultado experimental quantitativo.

Após pesquisas na internet, observou-se que a maioria dos trabalhos que geram energia elétrica utilizando uma bicicleta é a base de um dínamo, e esses não se mostram tão eficientes para o propósito do presente trabalho quanto ao resultado experimental. Assim, abordou-se a possibilidade de agregar um alternador automotivo em uma roda de bicicleta e o mesmo ligado a um resistor elétrico, percebeu-se que todo o mecanismo exploraria de forma eficiente os conceitos a serem discutidos, como também perambulava em várias divisões da física, tornando-o muito conveniente.

No entanto, é importante deixar claro que o objetivo da construção de todo aparato experimental não é a produção comercial, mas sim finalidade didática para discentes e docentes, designado em demonstrar os conceitos de energia, e/ou outros temas, mesmo que

não seja dentro de conceitos Físicos.

Uma vez que todo o mecanismo foi pensado para uso didático, optou-se por sua utilização em sala de aula, dessa forma, elaborou sua construção a partir da escolha de instrumentos que não oferecem risco à integridade de cada um ali presente.

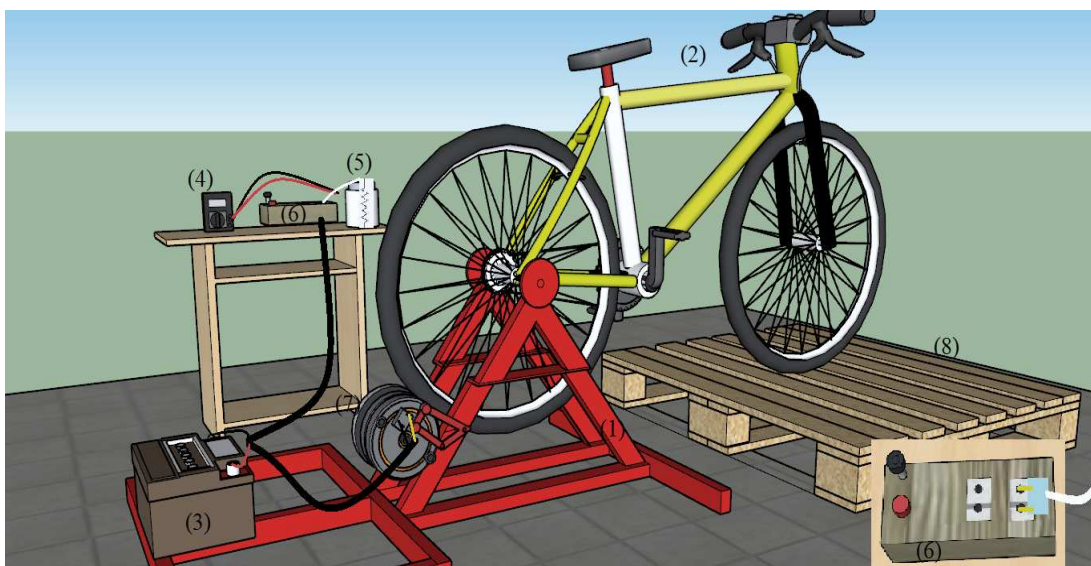
Este material está exposto conforme segue. No capítulo 1 é apresentado a montagem com o aparato experimental, discriminando os materiais utilizados e o esquema de montagem. No capítulo 2 a Proposta da sequência Didática para uso do aparato experimental e a descrição para cada aula e o conteúdo a ser abordado, demonstrando a metodologia utilizada para aplicação do Produto Educacional e os processos de ensino aprendizagem, explorando ao máximo todo mecanismo construído, seguidas das Considerações Finais. No Apêndice I, uma tabela contendo um orçamento do investimento, bem como materiais alternativos para a construção do aparato experimental. No Apêndice II – Textos de apoios complementares, contendo teoria sobre Mapas Conceituais, Energia Potencial Elástica, Lei da Indução Eletromagnética aplicada no aparato Experimental e o Relato da escolha do uso de um alternador automotivo. No Apêndice III apresenta-se uma aplicação da Taxa de Decaimento Newtoniano sugerido obter com a água aquecida.

1. APARATO EXPERIMENTAL

Ao elaborar a construção de todo o mecanismo estrutural e experimental, buscou-se a seleção de materiais de fácil acesso, o que possibilitaria e facilitaria a construção do projeto em si. Todas as dimensões que foram descritas são as empregadas no aparato experimental utilizado na aplicação do Produto educacional, no entanto, salvo algumas melhorias realizadas no calorímetro, visto que o processo de homogeneização da água em seu interior, durante a apresentação em sala, não ocorria de forma satisfatória e teve que ser feito de forma manual.

No respectivo trabalho, demonstra-se por meio de um desenho esquemático, apresentado na Figura 1, a montagem experimental utilizado na aplicação do Produto Educacional. Sendo esse constituído de (1) uma estrutura metálica; (2) uma bicicleta; (3) uma bateria automotiva 12 V; (4) um multímetro; (5) um calorímetro constituído por um frasco de isopor® para latinha de bebida com um resistor elétrico de chuveiro; (6) uma caixa de madeira com lâmpada, tomada e chave de luz universal; (7) um alternador automotivo e (8) um *pallet* de madeira.

Figura 1 – Desenho esquemático de montagem de todo aparato experimental, em que: (1) estrutura metálica; (2) bicicleta aro 26 -18V; (3) bateria automotiva 12V; (4) amperímetro; (5) frasco de isopor para latinha de bebida com um resistor elétrico de chuveiro 110V; (6) caixa de madeira com lâmpada, tomada e chave de luz universal, (7) alternador automotivo e (8) *pallet* de madeira.



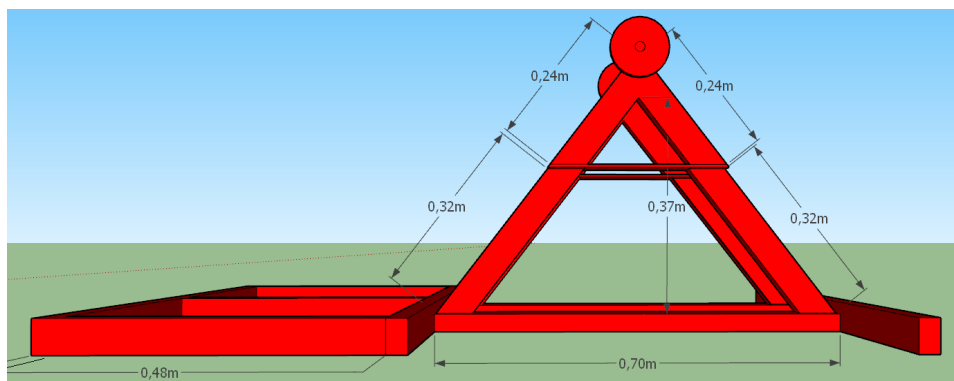
Fonte: o autor

1.1 Estrutura e Guia de Montagem

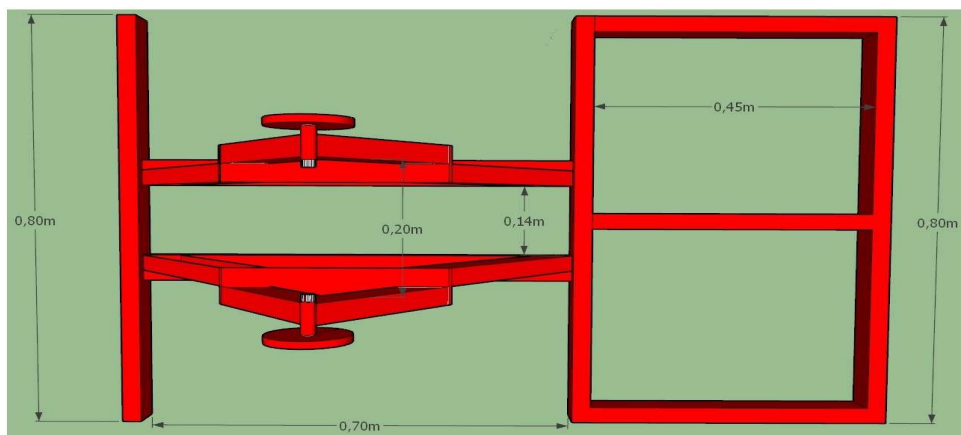
Esta seção é dedicada à demonstração da lista de materiais que são imprescindíveis para a construção de todo o aparato experimental, primeiramente apresenta-se as características do material utilizado e as dimensões da estrutura metálica, por seguinte, a exibição das especificações técnicas de cada elemento. A marca e as dimensões utilizadas são opcionais, de forma que as escolhas, para uma possível reprodução do equipamento, sejam equivalentes e que os mesmos não ofereçam risco à integridade do usuário e que ofereça a mesma eficiência no que lhe cabe.

Para a construção da estrutura metálica usar-se-á tubos de *Metalon* retangulares, sendo de 30 mm de largura, 50 mm de altura e paredes de 1,2 mm de espessura, soldados um ao outro, com medidas de comprimento variadas, de acordo com os desenhos ilustrativos da Figura 2 (a), (b) e (c).

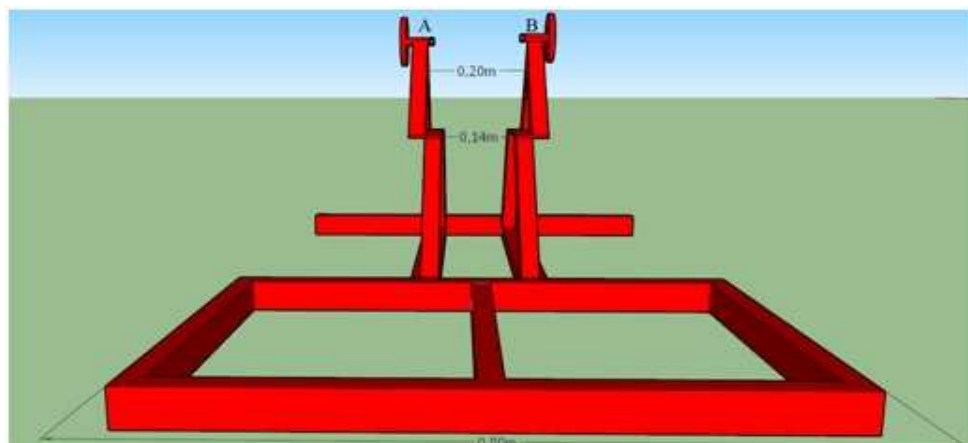
Figura 2 – Desenho esquemático, (a) com exibição das dimensões da estrutura metálica, visão lateral. (b), com exibição das dimensões da estrutura metálica, visão superior, e (c) com exibição das dimensões da estrutura metálica, visão traseira.



(a)



(b)



(c)

Fonte: o autor

Logo, é importante ressaltar que nos pontos de apoios, representados por A e B na Figura 2 (c), há roscas compatíveis com o eixo da bicicleta e podem girar livremente, dessa forma, por meio desses respectivos pontos é que ocorre a fixação da bicicleta em toda a estrutura metálica. Para a confecção dos mesmos, utilize porcas com flange para eixo traseiro 3/8, soldadas a um prolongador, que pode ser girado livremente na estrutura.

A essa estrutura de aço acopla-se um alternador automotivo (12V) de 35 A, da marca *Bosch*, (Figura 3 (a)) no qual é retirada a polia, cuja finalidade inicial é de acoplar a correia do motor do automóvel e substituída por uma polia dentada, (Figura 3 (b)).

Figura 3 – Imagem fotográfica: (a) do alternador da marca Bosch acoplado à estrutura metálica; (b) da polia dentada de uma Colhedora de Forragens, já usinada e soldada a uma porca, acoplada ao alternador automotivo.



(a)



(b)

Fonte: arquivo do autor.

Sendo a polia dentada a de uma Colhedora de Forragens, da engrenagem intermediária do

braço do cilindro liso JF, com diâmetro de $123,4\text{ mm}$, em que foi feita usinagem para diminuir a profundidade dos sulcos, e soldada uma porca com rosca compatível à do alternador, trabalhos a serem realizados em um torno mecânico para não existir um desbalanceamento da peça.

Logo, acopla-se a bicicleta (*aro 26 – 18 V*) a toda estrutura nos pontos A e B, indicados Figura 3(c), fixada corretamente (observar os pontos indicados pela seta na Figura 4), para que não ocorram riscos de queda, mesmo que seja pela utilização de uma pessoa adulta com massa máxima suportada pela bicicleta, dentro de suas especificações técnicas, neste caso até 120 kg , como também ajustar o alternador de forma que a polia esteja em contato com o pneu da bicicleta.

Figura 4 – Imagem fotográfica da bicicleta aro 26-18V, acoplada corretamente na estrutura metálica pelos pontos de fixação e o alternador automotivo ajustado de forma que a polia encoste no pneu traseiro da bicicleta.



Fonte: arquivos do autor

Ressaltando que de posse da estrutura metálica, realizadas as modificações necessárias à polia dentada, fixado o alternador e à bicicleta a toda estrutura, é importante girar o pedal da bicicleta, verificando se o pneu gira normalmente, juntamente, é claro, com a polia acoplada ao alternador. Por fim, após examinado que as componentes estão conectadas e girando corretamente, dá se por concluído a montagem da parte estrutural do Aparato Experimental.

1.1.1 Montagem da parte elétrica

Na sequência, estão descritos os materiais utilizados na construção da parte elétrica e seu esquema de montagem.

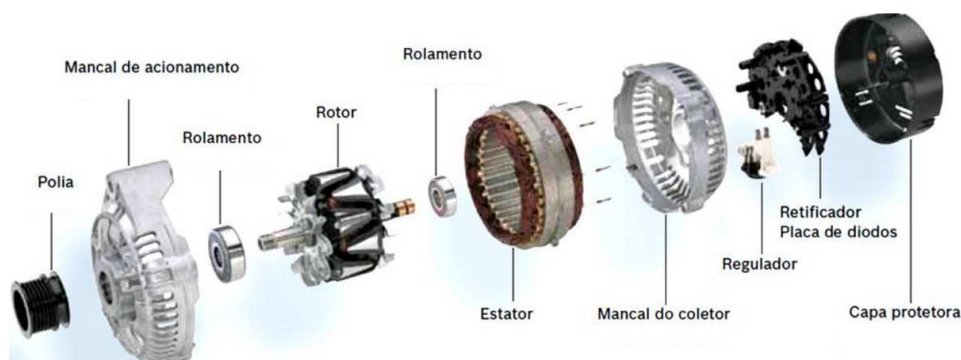
Materiais utilizados na parte elétrica:

- 1 estrutura metálica com os elementos descritos na Figura 1;
- 1 bateria automotiva 12 V;
- 1 chave de luz universal com 3 posições;
- 2 tomadas residenciais;
- 1 lâmpada 12V – 2W
- 2 m de fio de cobre da cor preta - 6mm;
- 2 m de fio de cobre da cor vermelha - 6mm;
- 0,5 m de fio de cobre da cor amarela - 6mm;
- 0,4 m de fio de cobre da cor verde –4 mm;
- 0,3 m de fio duplo - 1,5 mm;
- 2 terminais de engate rápido para bateria.

Para a montagem de todo esquema de fiação elétrica é importante considerar que o alternador automotivo só conseguirá converter energia mecânica em energia elétrica quando o mesmo apresentar em seu interior um campo magnético, o qual vai ser originado inicialmente pela carga da bateria 12 V.

O alternador automotivo (Figura 5) tem como princípio de funcionamento o fenômeno da Indução Eletromagnética, sendo que através da passagem da corrente elétrica no rotor cria-se um campo magnético, e, com o movimento circular em torno do seu próprio eixo, acaba induzindo a movimentação dos elétrons nas bobinas do estator, derivando então corrente elétrica alternada, que segundo o site *Industria Hoje*, em seu artigo¹⁵ “O que é um alternador automotivo” se torna corrente contínua, com uma voltagem entre 12 e 14,5 V, devido à presença de dois dispositivos acoplados ao alternador, o Retificador e o Regulador de Tensão.

Figura 5 – Imagem das partes que constituem um alternador automotivo



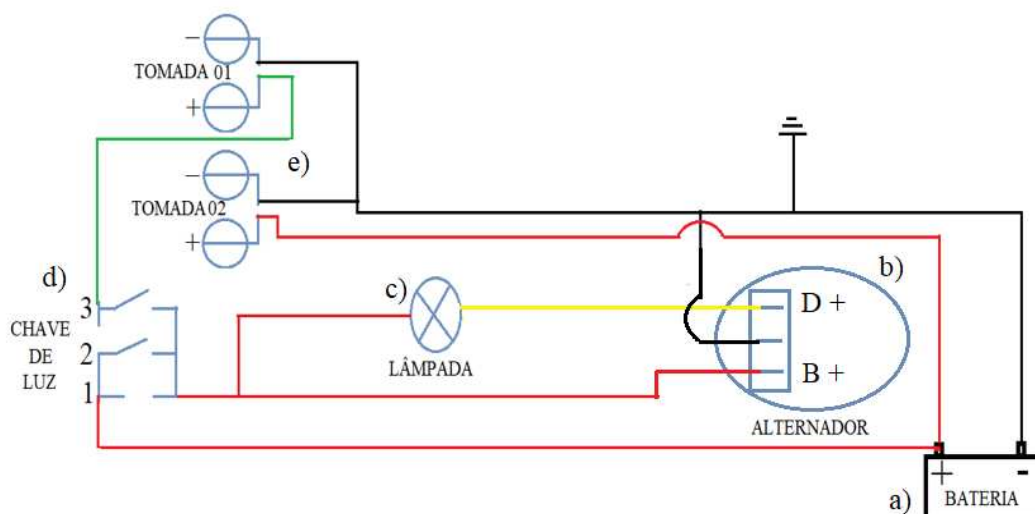
Fonte: Disponível em: <<https://www.razaautomovel.com/2020/02/alternador-do-motor>>.

¹⁵ Disponível em: <https://industria hoje.com.br/o-que-e-um-alternador-automotivo#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20um%20Alternador%20Automotivo%3F%20Postado%20por%3A,que%20convertem%20a%20energia%20mec%C3%A2nica%20em%20energia%20el%C3%A9trica>. Acesso em 14 mar 2021.

O Retificador tem como finalidade converter a corrente alternada em corrente contínua e o Regulador de Tensão é utilizado para manutenção da tensão no circuito, fazendo com que, a tensão gerada pelo alternador seja suportada pela bateria e todo sistema.

É preciso ressaltar que no circuito elétrico de todo o aparato encontra-se uma mini-lâmpada incandescente (12 V – 2 W), que segundo o site *Marsusi Tecnologia Automotiva e Treinamento*¹⁶, é conhecida nesse esquema de montagem (Figura 6) como “lâmpada de advertência” ou “lâmpada piloto”. Quando a ignição é acionada, ela atua como um resistor, pois é atravessada por uma corrente elétrica que sai da bateria, passa pela chave de luz na posição 2, pela “lâmpada de advertência”, pelo regulador de tensão e pelo rotor, de onde retorna à bateria, criando um campo magnético dentro do alternador, deixando-o “pré-excitado”, como comumente é conhecido essa fase.

Figura 6 – Desenho esquemático do circuito elétrico utilizado no aparato experimental, e os elementos utilizados para a construção da parte elétrica do Aparato Experimental, sendo uma bateria 12 V – 36 Ah (a), um alternador automotivo da marca Bosch – 35 Ah; (b) uma lâmpada incandescente (12 V- 2 W), (c) uma chave de luz, com três posições, e (d) duas tomadas residenciais (e) a tomada 01 referente a ddp “gerada” pelo alternador e a tomada02 pela bateria.



Fonte: o autor.

Assim, com o giro do rotor, proporcionado nesse aparato experimental pelo pneu da bicicleta, o alternador é capaz de gerar o seu próprio campo magnético, etapa conhecida como o “processo de auto excitação” e com o rotor sendo alimentada pelo estator, a lâmpada de advertência se apaga no momento em que a tensão gerada, devido ao fato de não existir mais

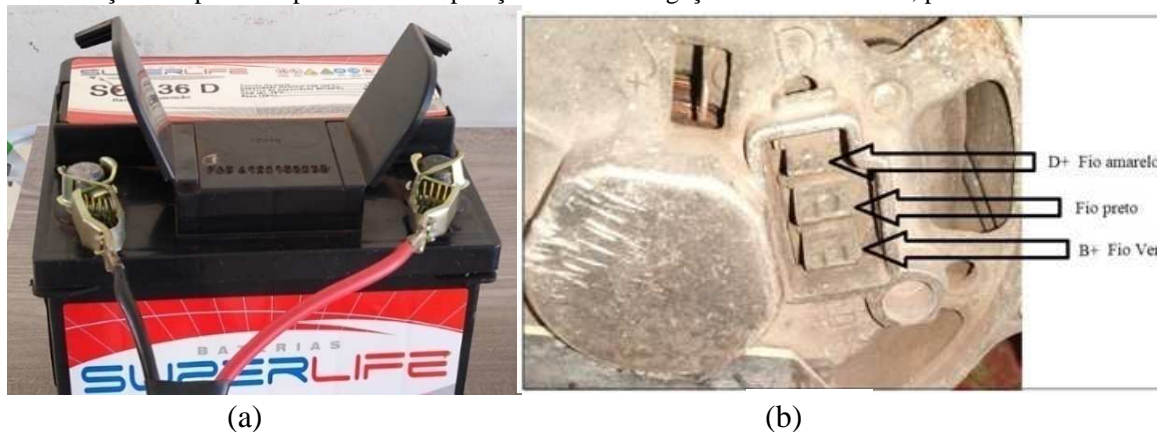
¹⁶ Disponível em: <<http://marsusi.com.br/NovoSite/DicasTecnicasItem.aspx?ID=21>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

uma diferença de potencial entre a bateria e o rotor.

Uma vez que já se tem a compreensão do funcionamento da parte elétrica de todo aparato, é possível realizar a sua composição da mesma. Dessa forma, primeiramente acopla-se os terminais de engate rápido, sendo um no fio vermelho e o outro no fio preto (Figura 7 (a)).

Na Figura 6, o fio preto fará na própria estrutura o aterramento de todo o circuito elétrico, terá uma interseção para ligar o plugue que se acopla no alternador (Figura 7(b)) e ligará um dos polos das tomadas 01 e 02. O fio vermelho, com duas linhas, terá uma da bateria ao polo da tomada 02 e outra que liga em série a chave de três posições, de onde sai um entroncamento, um dos caminhos terá a lâmpada ligada no fio amarelo conectado no plugue, na posição “D+” (Figura 7 (b)), e o no outro o fio vermelho será colocado na posição “B+”.

Figura 7 – Imagem fotográfica apresentando (a) uma das extremidades dos fios vermelho e preto, acoplados aos terminais de engate rápido, já colocados na bateria. (b) os plugues de ligação do alternador automotivo utilizado na confecção do aparato experimental e a posição correta da ligação dos fios amarelo, preto e vermelho.



Fonte: arquivos do autor

Com a finalização da parte elétrica, é importante entender a funcionalidade da chave de luz, uma vez que vai além de ligar e desligar todo o circuito que contempla o alternador. Seja pela finalidade de direcionar a energia elétrica da bateria para a criação do campo magnético inicial no alternador e depois deixar a energia quando convertida pelo alternador ser direcionada para a bateria, ao se encontrar na posição 2 (Figura 6) ou quando estiver na posição 3 e direcionar toda a energia convertida pelo alternador para a tomada 01.

É importante salientar que quando a chave se encontrar na posição 1, todo o circuito que liga a bateria se encontra aberto, ou seja, o alternador não conseguirá converter energia mecânica em elétrica. No entanto, quando tivermos a chave de luz na posição 2, a lâmpada

incandescente se encontrará acesa e o alternador encontrará com o campo elétrico em seu interior, sendo capaz de converter energia. Assim, com a chave na mesma posição, caso o eixo do alternador comece a girar com uma frequência de no mínimo $600rpm$, a luz de advertência se apaga e a bateria começa a ser recarregada.

Além disso, é importante ressaltar que é com o alternador automotivo convertendo energia mecânica em energia elétrica “*processo de auto excitação*”, que se deve mudar a chave da posição 2 para a posição 3, para que assim toda a energia elétrica oriunda do alternador seja direcionada para a tomada 01, e sem a interferência da carga da bateria, realizar estudos sobre o Princípio da conservação da Energia pela tensão estabelecida na respectiva tomada residencial.

Em razão de saber que o alternador só consegue iniciar o processo de conversão de energia quando a chave está na posição 2 e que a mesma só poderá ser alterada para a posição 3 quando a polia do alternador estiver com no mínimo $600 rpm$, é que se dá o entendimento sobre o esquema de montagem do calorímetro e seus demais componentes.

1.1.1–Montagem do Calorímetro

Referente a essa parte de construção do aparato experimental de Calorimetria, descreve-se os materiais utilizados na construção do calorímetro e o esquema de montagem.

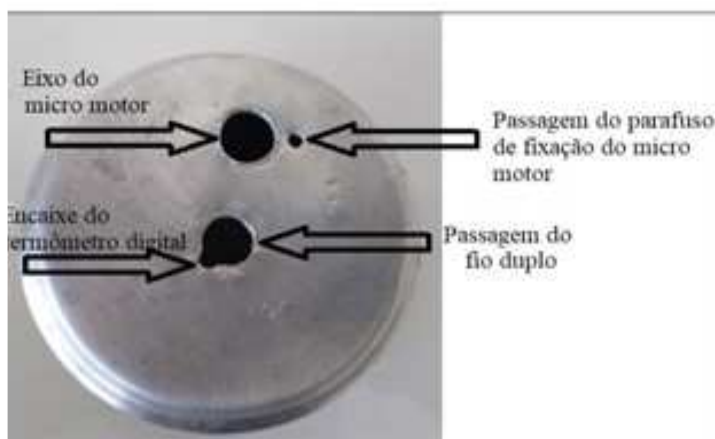
Materiais Utilizados:

- 1 porta latas térmico de alumínio com tampa;
- 1 resistor elétrico (“resistência”) para chuveiro $127 V$ modelo tipo “CORONA”
- 1 termômetro digital, tipo haste/vareta;
- 1 multímetro;
- 50 *cm* de fio duplo de $1,5mm$;
- 50 *cm* de fio tipo PP de $1 mm$;
- 2 Plugues Bipolar (2 Pinos + terra) macho - $10A$;
- 1 micromotor DC – $12V$ – $3500 rpm$;
- 1 interruptor liga/desliga tipo gangorra – $10A$;
- 1 copo – $200 ml$;
- 1 palito de plástico de pirulito.
- Ferramentas como chave de fenda, martelo, soldador, alicate, estilete, furadeira com broca de perfurar metal de $2mm$ e de $10 mm$.

Etapas da Montagem do Calorímetro:

1. Fixe uma das extremidades do fio ao resistor elétrico de chuveiro;
2. Faça quatro furos na tampa da porta lata utilizando uma furadeira, sendo realizados dois furos com uma broca para furar ferro de 10 mm de espessura e dois furos com uma broca para furar ferro de 2mm, dispostas de acordo com a Figura 8.

Figura 8 - Imagem fotográfica da tampa do calorímetro, com as disposições dos furos realizados na tampa do porta latas, sendo dois criados com a broca de furar ferro de 10mm e dois com a broca de furar ferro de 2 mm.

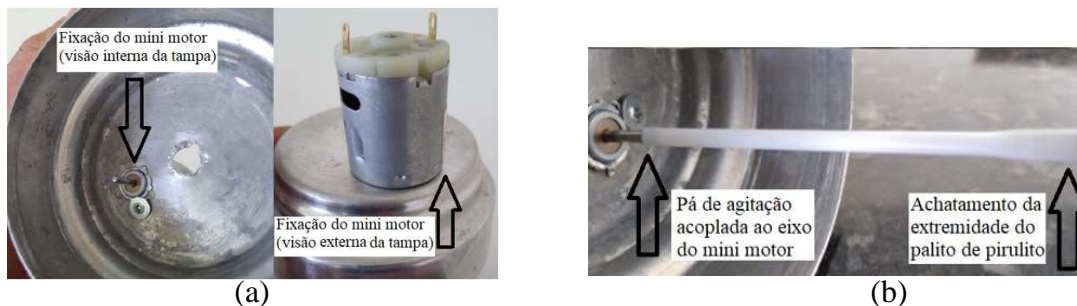


Fonte: arquivo do autor.

Sendo os dois furos feitos com a broca de maior espessura para a passagem do fio duplo e para o acoplamento do eixo do micromotor e sua respectiva pá do agitador (palito de plástico remodelado) e os furos de menor espessura para a passagem da haste do termômetro digital e do parafuso de fixação do micro motor.

3. Com um alicate previamente aquecido, faz-se a um achatamento em uma das extremidades do palito de plástico (retirado de um pirulito), para aumentar o arrasto na água, criando então, uma pá de agitação para homogeneização da água quando é aquecida no calorímetro;
4. Uma vez feitos os furos descritos na Figura 8, realiza-se a fixação do mini motor à tampa do suporte de latas, juntamente, acoplar uma das extremidades do palito de plástico ao eixo do respectivo motor, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Imagem fotográfica apresentando, (a) o mini motor fixado à tampa do suporte de latas, com visão interna e externa, como também, (b) ilustrando o palito de pirulito fixado no eixo de mini motor e umas das suas extremidades plana.



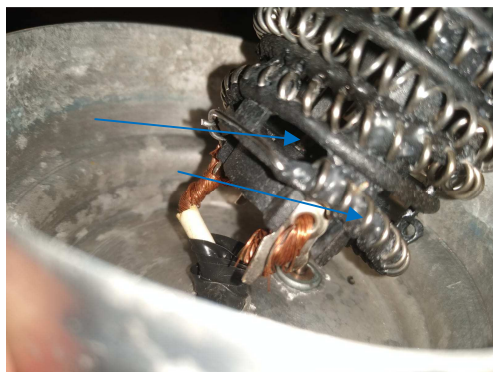
Fonte: arquivo do autor

5. Realizada a fixação do mini motor acoplado à pá do agitador na tampa do calorímetro, fazer a ligação elétrica do mini motor e do resistor elétrico, onde ficarão ligados respectivamente nas tomadas 02 (ddp da bateria) e 01 (ddp do alternador):

5(a) - Primeiramente, fixar o fio duplo no resistor elétrico sem se preocupar com os polos positivo e negativo, oriundos do Plugue Bipolar (2 Pinos + terra) macho - 10A, uma vez que o resistor elétrico utilizado no presente trabalho de origem de corrente elétrica AC. Para isso, passar o fio duplo através da tampa pelo furo realizado anteriormente e, por fim, fixar as pontas do fio no plugue bipolar (Figura 10 (a)). Na Figura 10 (b1) há a conexão das pontas do multímetro para acompanhar a leitura da tensão.

5(b) - Para o término da construção do calorímetro, segue como efetuar a ligação elétrica no mini motor, Figura 10 (b2), o qual possui dois polos, sendo um positivo e outro negativo, aos quais deve-se atentar, pois, uma vez realizada a ligação de forma incoerente, o mesmo é danificado e não funcionará mais. Assim, usando um fio tipo PP, com um fio encapado internamente pela cor azul e outro fio pela cor marrom, (Figura 10 (c1)), ligar o fio azul no positivo (marcado no terminal do motor, ou próximo dele, com o símbolo + ou por um ponto em vermelho) e o fio marrom no terminal negativo do mini motor e em sequência conectar no fio azul o interruptor liga/desliga tipo gangorra - 10 A, e por fim, na outra extremidade do fio PP acoplar no Plugue Bipolar (2 Pinos + terra) macho (10 A) os respectivos fios, se atentando aos polos da tomada 02 sendo que o polo positivo da tomada 02 é o terminal correspondente ao fio vermelho e ao polo negativo, aquele que se encontra ligada o fio preto, no interior da caixa de madeira. Essa ligação para a tomada 02, é alimentada pela bateria automotiva, que deve estar carregada, ou pode-se utilizar a bicicleta dinâmica na posição 2 para continuar a dar carga. Mas, é necessário que ela contenha carga o suficiente no início para dar o passo inicial ao funcionamento do alternador automotivo.

Figura10 – imagem fotográfica da ligação elétrica realizada (a) fio duplo conectado ao resistor elétrico de chuveiro indicado pelas setas em azul, e (b) no calorímetro, descrita no item 6, sendo em (1) o interruptor liga/desliga, (2) e (4) o Plugues Bipolar, em (3) as pontas do multímetro ligado em paralelo no fio que vem do resistor elétrico e em (5) o fio PP ligado ao polo positivo e negativo do mini motor. Em (c1) uma imagem do fio duplo (acima) e tipo PP (abaixo), em (c2) a imagem da parte onde estão os terminais do motor DC, e em (c3) imagem do motor DC.



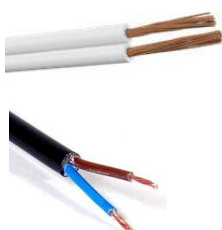
(a)



(b1)



(b2)



(c1)



(c2)



(c3)

Fonte: arquivos do autor.

1.1.3 Montagem Experimental Completa

Na Figura 11, apresenta-se a montagem experimental para o estudo de transformações de energia. Em que: (1) bicicleta, (2) alternador automotivo (12 V – 35 A) com polia modificada para dentada, (3) bateria automotiva de 12V - 35 A, (4) chave de luz universal, (4) Terminais - 3 Posições, (5) conjunto de duas tomadas residenciais, (6) porta latas térmico de alumínio de 350ml com tampa, (7) resistor elétrico para chuveiro de 127V, (8) termômetro digital tipo espeto, (9) uma lâmpada 12V – 5W , (10) multímetro, e (11) estrutura metálica.

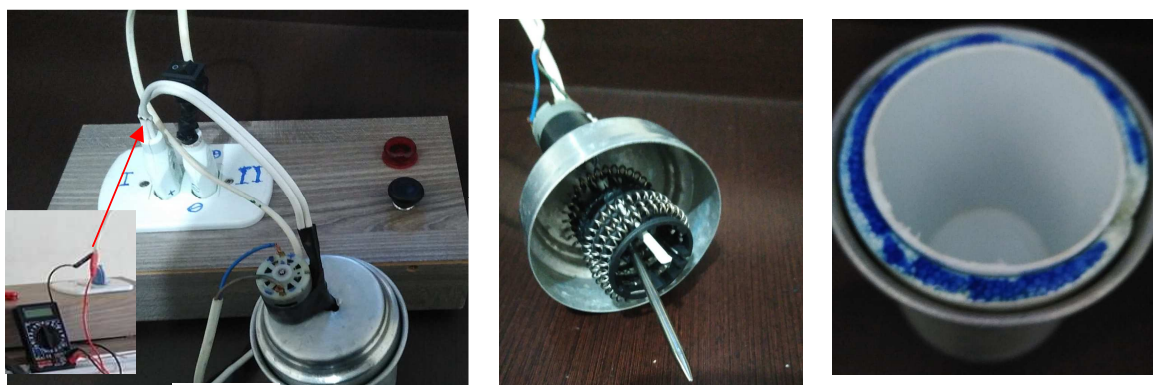
Figura 11 – Imagem fotográfica da montagem contendo o aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”. Em que: (1) bicicleta, (2) alternador automotivo (12V - 35 A) com polia modificada para dentada, (3) bateria automotiva de 12V - 35 A, (4) chave de luz universal, (4) Terminais - 3 Posições, (5) conjunto de duas tomadas residenciais, (6) porta latas térmico de alumínio de 350ml com tampa, (7) resistor elétrico para chuveiro de 110V, (8) termômetro digital tipo espeto, (9) uma lâmpada 12V - 5W , (10) multímetro, e (11) estrutura metálica.



Fonte: Sasso, 2022

Na Figura 12(a) apresenta-se o detalhe do calorímetro com os terminais do resistor elétrico ligado à tomada 01, bem como o plugue do motor agitador ligado à tomada 02. O detalhe de onde conectar as pontas de prova do multímetro. Em (b) a parte interna da tampa do calorímetro e (c) a parte da composição do frasco.

Figura 12 – Imagem fotográfica do detalhe do (a) calorímetro e este ligado às tomadas, e no detalhe, como são conectados as pontas de prova do multímetro na marca no fio indicada pela seta em vermelho; (b) o resistor elétrico no lado interno da tampa, e passando pelo interior do resistor elétrico, a pá do agitador (branco) e o termômetro (haste maior de metal), em (c) o recipiente do calorímetro de dentro para fora: um copo de plástico de 250 ml, o frasco de isopor®(pintado em azul para identificação) e o frasco de alumínio.



(a)

(b)

(c)

Fonte: arquivos do autor.

1.2 - Procedimento Experimental para o uso da Bicicleta Dinâmica

Para essa parte de execução do experimento, há 3 experimentos sugeridos a serem realizados, e a lista de materiais é basicamente a mesma.

Materiais utilizados:

- 200 g de água
- 1 recipiente para transportar a água
- 1 termômetro digital
- 1 cronômetro (sugestão do celular)
- 1 calorímetro
- 1 balança
- 1 Aparato experimental bicicleta dinâmica.
- 1 multímetro

Como a resistência é a mesma, apresenta-se como fazer a medida de seu valor usando um multímetro.

Medida da resistência elétrica:

1. Posicione o seletor do multímetro na escala Ohm (Ω) (Figura 13 indicado com uma seta).
2. Com os cabos jacarés, insira uma ponta de prova no borne Terra (COM) e o a outra ponta de prova no borne A/V/ Ω (circulados na Figura 13);

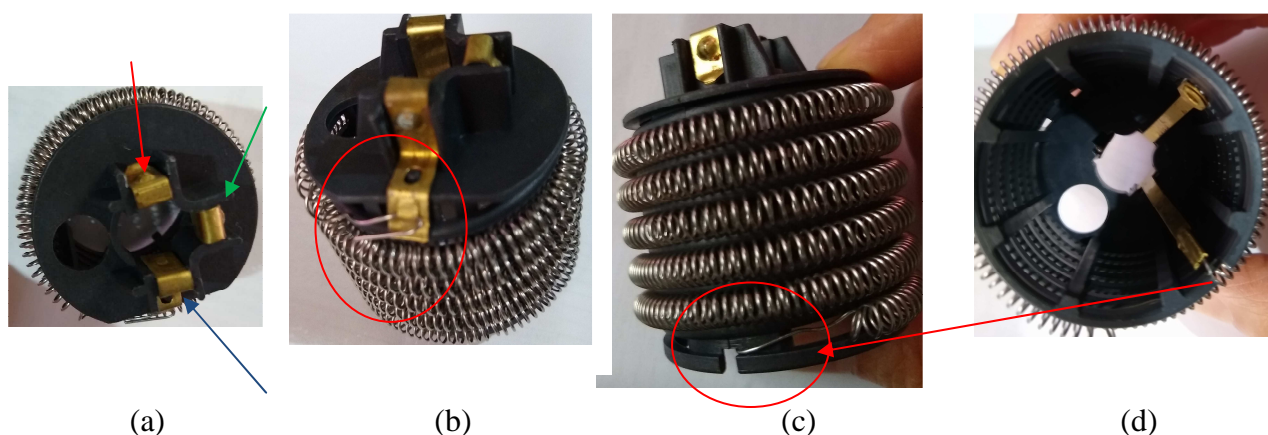
Figura 13- Ilustração das “partes” da escala e conexões de um multímetro.



Fonte: <https://blogmasterwalkershop.com.br/eletronica/ferramentas-de-medicao-multimetro>

3. O lado dos jacarés fixe nas extremidades do resistor elétrico, fechando o circuito. Na Figura 14 (a) é possível visualizar 3 terminais na parte superior da imagem do resistor do tipo usado no experimento. Para saber onde conectar os jacarés, observe quais terminais possuem o fio do resistor elétrico ligado a ela (exemplo Figura 14 (b)) e conecte um jacaré em cada. O terceiro pino é o Terra (neutro).

Figura 14 – Imagem fotográfica de um resistor elétrico de chuveiro semelhante ao utilizado no aparato experimental. (a) Mostrando que há três terminais no resistor, um deles é o polo positivo, outro o negativo, e o terceiro, o Terra. Em (b) indicando um dos pólos, onde o fio da resistência está conectado ao terminal. Em (c) a conexão do fio para o outro polo, e (d) uma visão da parte interior, e a conexão do fio na parte inferior no polo.



Fonte: arquivos de H. Mukai.

Caso esteja com o fio e o plugue, coloque cada ponta de prova em cada um dos pinos do plugue, lembrando que dessa forma terá a influência da resistência do fio, mas como normalmente é de cobre a sua resistividade tem um valor baixo, em torno de $1,7 \times 10^{-8} \Omega m$, à temperatura de $20^\circ C$.

Na leitura no multímetro, se o valor der 1, significa que o valor é mais alto que a escala selecionada, as escalas normalmente são até em (Ω) de, 200, 2k (ou 2000), 20k, 200k, e 2M. E caso apareça um sinal negativo é somente pela polaridade estar trocada.

Faça a leitura, e anote o valor.

Existem 3 formas de obtenção de dados experimentais com a bicicleta dinâmica, sendo a primeira para expor o conceito de Potência dissipada e a energia a ela associada, e a energia absorvida pela água, explorando a definição de calor como transferência espontânea de energia de um corpo de maior temperatura para o de menor temperatura; e a segunda para

obtenção da capacidade térmica do calorímetro, em que utiliza-se os conceitos da parte 1. Essa segunda ainda possui duas opções, por meio da temperatura de equilíbrio térmico, ou pela taxa de variação da temperatura com o tempo dados coletados *in loco*. Apresenta-se a seguir cada uma delas.

1.2.1 – Experimento I - Dissipação e Absorção de energia – Efeito Joule

- Meça 200 g de água na balança, para isso, tare a balança com o recipiente do calorímetro sobre a balança e coloque a quantidade de água que totalize as 200g;
- Feche o calorímetro com a tampa, verifique se o resistor elétrico e, termômetro e agitador estejam imersos na água
- Anote a temperatura inicial da água;
- Conecte o plugue do agitador e do resistor elétrico na caixa onde estão as tomadas 02 e 01 respectivamente;
- Após o aluno começar a pedalar, a cadência se manter constante, a energia estará sendo encaminhado para a tomada 01, que é onde está acoplado o resistor elétrico;
- Quando a tensão se mantiver constante, observar no multímetro na escala em V, atingir seu máximo e ficar estável nesse valor;
- Comece a marcar o tempo na temperatura inicial como sendo a da temperatura da água ambiente e anote o tempo quando a temperatura atingir em torno de 60°C.
- Anote todos os dados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados experimentais das temperaturas, respectivos tempos, Resistência e massa da água, e tensão média utilizada.

Temperatura $T(^{\circ}\text{C})$	tempo $t(\text{s})$
	0,00
$m_{\text{água}} =$ g	$R =$ Ω
$U =$ V	

- Calcule o valor da Potência média dissipada;
- Calcule a Energia média dissipada
- Calcule a quantidade de calor médio absorvido
- Discuta os resultados, compare o resultado do item j e do item k.

1.2.2 – Experimento II (a) – Calorimetria – Método - 1

1. Anote a temperatura da água em temperatura ambiente;
2. Solicite ao aluno que meça 100 g de água no calorímetro. Para isso tare a balança com o calorímetro no prato da balança e coloque água até que atinja a quantidade de massa desejada;
3. Meça mais 100g de água em outro recipiente;
4. Encaixe a tampa do calorímetro e faça todas as ligações com o aparato ligado à bicicleta dinâmica;
5. Anote a temperatura inicial da água quando a tensão mantiver constante (anote este valor na Tabela 2), e acione o cronômetro;
6. Por meio da bicicleta dinâmica, anote o tempo que a temperatura leva para atingir em torno de 60 °C;
7. Desligue o aparato e coloque aos poucos a água à temperatura ambiente junto com a água do calorímetro, abra a tampa para fazer esse procedimento, mas mantenha o termômetro imerso na água;
8. Quando a temperatura do termômetro parar de variar, significa que entrou em equilíbrio térmico, anote o valor dessa temperatura, e anote na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados experimentais das temperaturas, respectivos tempos, Resistência e massa da água, e tensão média utilizada.

Temperatura $T(^{\circ}\text{C})$		tempo $t(\text{s})$	
$T_i =$		0,00	
$T_{f=eq.} =$			
$T_{amb.} =$			
$m_{\text{água}} =$	g	$R =$	Ω
$U =$	V	$c_{\text{água}} = 4,18 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$	

Um vídeo que pode ajudar nessa mistura de água quente e fria para obter a capacidade térmica do calorímetro pode ser visto no vídeo: <<https://www.youtube.com/watch?v=-ViO9jUfRzI>>. É o método 1 que está descrito no Encontro 3, no capítulo 2 desse produto educacional. Em que é utilizado as equações 32 (a) e (b) desse PE, a saber:

$$Q_{cede} = Q_{recebe}$$

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i).$$

Em que, m_A é a massa da água aquecida, $c_A = 4,186 \frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$ o calor específico da água, T_A temperatura aquecida inicial, T_f temperatura de equilíbrio térmico; T_i temperatura inicial da massa de água m e calor específico $c = 4,186 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$, e C a capacidade térmica do calorímetro.

Na opção 2 do simulador – é uma boa forma de ensinar a calcular o calor específico de um sólido, conhecido a capacidade térmica do calorímetro pela opção 1.

1.2.3 – Experimento II (b) – Calorimetria - Método 2

Nessa opção, que é a que consideramos mais completa, pois além de abranger o que é tratado no Experimento I para determinar o tempo que será considerado na variação da temperatura, esse não é feito pela média como no Experimento II (a), a temperatura aqui é anotada a cada dois graus e trabalha-se também a confecção de gráfico e sua interpretação. Dessa forma, realizar como o mesmo, as seguintes etapas¹⁷:

- Com o multímetro na escala de Ω , meça o valor da resistência e anote;
- Com o uso de uma balança digital, coloque o recipiente do calorímetro sobre ele e tare a balança, e vá colocando água até atingir 200 g de água, à temperatura ambiente, tampe o calorímetro;
- Anote a temperatura inicial da água (T_i);
- Conecte todos os plugues nas tomadas;
- Quando a tensão estiver constante, após já estarem pedalando, convertendo energia mecânica em elétrica, espere o termômetro marcar em torno de 30°C , acione o cronômetro e marque o tempo a cada 2°C , até uns 50°C ;

Tabela 3 – Dados experimentais das temperaturas, respectivos tempos, Resistência e massa da água, e tensão média utilizada.

Temperatura $T(^{\circ}\text{C})$	tempo $t(\text{s})$
	0,00
$m_{\text{água}} =$	g
$U =$	V
	$R =$
	Ω

¹⁷ O procedimento experimental é análogo ao da Referência MUKAI e FERNANDES, 2018. A diferença é que nessa referência utilizam-se de duas fontes de tensão, e no experimento proposto é o gerado por meio do alternador pelos alunos pedalando.

- f. Confeccione o gráfico da temperatura em °C versus tempos em segundos, calcule o coeficiente angular que fornece a taxa da variação da temperatura no tempo.
- g. Utilize a equação (39) para obter a capacidade térmica do calorímetro, a saber,

$$C = \frac{U^2}{Rk} - mc$$

Em que k é o coeficiente angular obtido o item f.

Com a continuidade do presente trabalho, a seguir apresenta-se a Proposta da Sequência Didática, onde de maneira programática e sistemática, trabalha os conceitos teóricos relacionados à Energia, em concepções da Mecânica Clássica, explorando todo o funcionamento do Aparato Experimental em um contexto didático-metodológico.

2. Aspectos Metodológicos do PE

A população, em sua grande maioria, obviamente não precisa ter capacidades e conhecimentos que se exigem dos cientistas para entender notícias dos jornais, como também não precisam saber projetar um avião para fazer uma viagem aérea, porém, Hazzen e Trefil reiteram que:

“[...] é indispensável ter uma base de conhecimento para entender como tais mudanças poderão ocorrer e quais serão as consequências, para você e para as gerações vindouras. É preciso ser capaz de situar os novos avanços científicos e tecnológicos num contexto que lhe permita participar dos debates travados hoje em todas as nações do mundo.”(HAZEN, R.M; TREFIL, J.,2005, p.13).

Sendo a Física um instrumento de compreensão do mundo, sentimos a necessidade de apresentar uma proposta que forneça ao aluno o acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente. Pois, ao analisar que tanto os alunos como os professores vivem num mundo dinâmico, é sugerido que os conhecimentos a serem trabalhados venham partir de instrumentos de uso diário, na tentativa de não causar prejuízos aos conceitos, tratando-os de forma menos abstrata.

Assim, a Sequência Didática (SD) apresentada neste PE vem primeiramente buscar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos de energia por parte do professor, objetivando uma aprendizagem significativa, buscando também, com a inserção do aparato experimental, aumentar o cabedal de conceitos sobre o referido tema, tornado a interpretação dos fatos, no cotidiano dos alunos, mais fácil e assertiva.

De forma que a elaboração da SD aqui apresentada está baseada nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica da disciplina de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná (DCE/PR – FÍSICA) (PARANA, 2008), sempre norteadas por uma teoria da aprendizagem, de estrutura cognitiva organizada, de David Paul Ausubel (MOREIRA, 1999), e ainda, de acordo com o proposto por Antoni Zabala (ZABALA, 1998).

2.1 Objetivos do Produto Educacional

- Explorar os conceitos de energia nos princípios da Física Clássica.

- Proporcionar ao aluno o domínio da linguagem científica dos assuntos discutidos, e que o mesmo consiga correlacioná-los com as notícias de temas relativos à proposta e emitir juízos próprios.
- Propiciar ao educando os conceitos de matemática e fenomenológicos sobre o tema energia na mecânica, eletromagnetismo e termodinâmica.

2.2 Contextualização na DCE/PR de Física

Seguindo os fundamentos de seriação e sequência dos conteúdos das Diretrizes Curriculares da Educação Básica da disciplina de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná (DCE/PR – FÍSICA – PARANÁ, 2009), conteúdo referido no presente trabalho tem como:

- **Conteúdos Estruturantes** - Movimento, Termodinâmica e o Eletromagnetismo
- **Conteúdos Básicos** - Energia e o Princípio da Conservação da energia, Lei zero da Termodinâmica e a corrente elétrica.
- **Conteúdos Específicos** - Trabalho, Tipos (Energia mecânica (composta de Energia Cinética e Energia Potencial), Energia Elétrica. Energia térmica) e fontes de energia, Equilíbrio térmico, Intensidade da corrente elétrica, Resistor elétrico, o Efeito Joule, calor, capacidade térmica, e calor específico, a Lei da conservação de energia. Lei da Indução Eletromagnética, princípio termodinâmico e 1ª Lei da termodinâmica.

2.3 Metodologia para Aplicação da Sequência Didática

Com intuito de que a Sequência Didática tenha sucesso em cumprir com os objetivos elencados, seguir-se á as orientações sobre os processos de ensino-aprendizagem descritos na DCE/PR – FÍSICA (2009, p.56), que ressaltam:

- O processo de ensino-aprendizagem deverá considerar o conhecimento trazido pelos estudantes, uma vez que são frutos de suas experiências de vida em suas relações sociais.
- No ensino da Física a experimentação é uma importante metodologia, pois contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, como também proporciona interação entre professor e aluno.
- A linguagem matemática, apesar de ser uma ferramenta para a disciplina de Física, não poderá ser considerada um requisito prévio para aprender os conteúdos trabalhados, dessa

forma, sem descartar o formalismo matemático, os estudantes deverão se apropriar sobretudo do conhecimento físico.

2.3.1 Sequência Didática

A prática de ensino-aprendizagem para esta SD está organizada para que ocorra em 07 Encontros (dependendo da turma pode ser cada encontro uma aula durando 50 minutos) tendo como referência o processo de ensino-aprendizagem descrito nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica, da disciplina de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná, como demonstrado no Quadro 1.

Tema da sequência didática– Energia na Física e no Cotidiano

Objetivo da sequência didática - Apresentar e utilizar um aparato experimental para uso em sala de aula para explorar transformação de energia e aplicação no cotidiano

Conteúdos a serem trabalhados - Os apresentados no Quadro 1.

Quadro 1- Conteúdo da Abordagem Teórico- metodológica para cada aula ministrada. Cada encontro pode ser de 1 ou mais aulas de 50 minutos dependendo da abordagem direcionada pelo docente e do recurso didático, se uso de quadro ou se apresentação digital.

Encontro	Abordagem Teórico-Metodológica
01	Apresentação do tema a ser trabalhado aos alunos;
	Realização de um questionário objetivo com 10 questões objetivas sobre o tema energia, partindo dos princípios da Física clássica;
	Exposição dialogada de um panorama histórico que envolve os conceitos da energia;
02	Explanação de possíveis formas de energia, organizando as ideias em um mapa conceitual;
	Explanação e obtenção do conceito de energia em termos do trabalho e as relações matemáticas entre ambas, obtendo assim as equações das energias.
03	Obtenção das equações necessárias para a realização dos cálculos que serão utilizados para a análise experimental a ser realizada na “bicicleta dinâmica”;
	Apresenta-se a aplicação direcionada a Usinas hidroelétrica e termoelétrica.
04	Apresentação do aparato experimental, demonstrando todos os seus componentes e a finalidade de cada um.
	Utilização do aparato experimental e coleta de dados.
05	Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energia elétrica e térmica envolvidas;
	Discussão dos resultados quantitativos
06	Avaliação, que realizada por meio do mesmo questionário objetivo com 10 questões, o mesmo utilizado anteriormente sobre o tema energia, dentro dos princípios da mecânica

	clássica;
	Retorno aos alunos.

Fonte: o autor.

Habilidades da BNCC a serem desenvolvidas:

EM13CNT101 - Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

EM13CNT102- Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(BRASIL, 2018, p.556)

Tempo de execução da sequência didática: 07 encontros, para ministrar o conteúdo prevê-se um tempo mínimo de 7 aulas e no máximo de 12 aulas de 50 minutos cada.

Materiais necessários: aparato experimental “bicicleta dinâmica”, quadro a giz ou branco, giz ou caneta para quadro branco, 200 ml de água, caderno para anotações, lápis, caneta e borracha.

Material Complementar: celular tipo *Smartphone*, computadores, para uso dos simuladores.

Segue o detalhamento de cada Encontro.

2.3.2 Desenvolvimento da SD por Encontro

Estão descritas nesta seção as atividades e as orientações metodológicas a serem realizadas em cada aula referentes à aplicação do Produto Educacional, acontecendo de forma sequencial, de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, partindo do, “*Conceito Inclusor*” ou seja, das ideias que já existem na estrutura cognitiva dos educandos, passando pelo processo de interação entre o material de aprendizagem à bagagem contextual trazida pelos mesmos, momento conhecido como “*Inclusão Obliteradora*”, e por fim, chegando aos resultados dos processos de inclusão obliteradora, a “*Assimilação*”, representada por meio do questionário avaliativo, contudo, sempre seguindo as orientações das Diretrizes Curriculares da Educação Básica da disciplina de Física da Secretaria do Estado da Educação do Paraná (SEED-PR).

É pré-requisito para o aluno, para que se tenha um melhor aproveitamento das aulas a serem descritas, os conceitos de Trabalho de uma força e conceitos da cinemática de

translação e rotação, pois serão abordados no âmbito da mecânica, no eletromagnetismo e na termodinâmica, quando necessários para obter a relação trabalho e energia e lei de conservação de energia, como também conhecimento em elaborar um mapa conceitual. Sugere-se que o docente reitere tais ideias com os estudantes antes de iniciar o processo de aplicação do Produto Educacional ou no momento que achar adequado.

Encontro 01 – Aplicação do Questionário Diagnóstico e histórico

Duração: 1 aula de 50 minutos

- **Organização da turma:** padrão (organizados em fileiras)
- **Introdução:** No início da aula será apresentado o tema “Energia” a ser trabalhado
- **Desenvolvimento:**
 - Aplicar o questionário diagnóstico (sugestão Quadro 2) para analisar o conhecimento prévio dos alunos. Sugere-se que as respostas das questões, exercícios e problemas devem apresentar a equação utilizada e o cálculo. É importante deixar bem claro que esse questionário não é uma prova, mas que, apesar disso, o mesmo deve ser realizado com muita seriedade, uma vez que as aulas futuras serão influenciadas pelo resultado desse questionário;
 - Apresentar a contextualização histórica;
 - Recolher o questionário diagnóstico e fazer sua correção para análise do que será necessário utilizar como organizadores prévios, se necessário.

Quadro 2 – Questões do questionário diagnóstico. As respostas das questões problemas devem apresentar a equação utilizada e o cálculo.

Nome:	Idade:
<p>1) A energia potencial gravitacional e a energia cinética de um corpo dependem respectivamente:</p> <ul style="list-style-type: none">a) do volume do corpo e da velocidade do corpob) da aceleração do corpo e da massa do corpoc) da altura do corpo e da velocidade do corpod) da altura do corpo e do volume do corpoe) da potência do corpo e da velocidade do corpo	
<div style="background-color: #333; color: white; padding: 10px; border: 1px solid black;"><p>potencial $\Rightarrow E_p = mgh$ depende da altura</p><p>Energia cinética $\Rightarrow E_c = \frac{1}{2}mv^2$ depende da velocidade</p><p>E, ambas dependem da massa do corpo.</p></div>	

2) Em um motor de carro, a **energia** _____ do combustível é convertida em **energia** _____. Essa energia liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, **energia** _____.

Assinale a alternativa que preenche **corretamente** as lacunas:

- a) *potencial eólica – potencial térmica – cinética*
- b) *potencial química – térmica – cinética*
- c) *cinética orgânica – cinética – térmica*
- d) *potencial elástica – potencial gravitacional – cinética*
- e) *potencial química – térmica – elétrica*

Resposta: item b)

Combustível → Energia potencial química

Ar superaquecido significa que a $E_{p_{química}}$ se transformou em energia térmica, e essa para mover o pistão significa que transformou em energia cinética.

3) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento.

Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico ao fazer um automóvel se movimentar.

- a) *energia elétrica em energia cinética*
- b) *energia elétrica em energia térmica*
- c) *energia potencial química em energia elétrica*
- d) *energia elétrica em energia potencial gravitacional*
- e) *energia elétrica em energia potencial elástica*

Resposta: item a)

Energia realizada pelo motor elétrico = Energia elétrica

Fazer um automóvel se movimentar = Energia cinética (movimento)

4) Existem vários exemplos que demonstram, de fato, que a energia sofre transformações. Sobre a Lei da conservação da energia total em um sistema isolado, assinale a alternativa correta:

- a) *Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.*
- b) *Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido às forças resistivas existentes.*
- c) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em um sistema ideal, caso tratar de um sistema real, não podemos fazer tal afirmação.*
- d) *Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.*
- e) *Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.*

Resposta: item a)

Lei de conservação de energia total, informa que em um sistema fechado (isolado) ela sempre se conserva.

$$\Delta E_T = 0$$

5) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2m de altura em relação ao chão é de: Adote $g = 10\text{m/s}^2$

- a) *10 joules*
- b) *20 joules*
- c) *30 joules*
- d) *40 joules*
- e) *50 joules*

Resposta: item d)

$$E_p = mgh$$

$$E_p = (2\text{kg}) \left(\frac{10\text{m}}{\text{s}^2} \right) (2\text{m})$$

$$E_p = 40\text{ J}$$

6) Um motorista, após ver algo que exija uma freada, leva um certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distancia será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro, uma vez que esse tempo aumenta quando o motorista está sob efeito do álcool. Após o tempo de reação, quanto maior a velocidade do veículo, maior será a distância de frenagem, que indica que o trabalho foi maior, porque o carro tinha mais energia. Dessa forma, a energia cinética que um carro contém, considerando que ele possui uma massa de 800kg e velocidade de 72km/h, é de:

- a) 57 600 joules
- b) 20 000 joules
- c) 320 000 joules
- d) 180 000 joules
- e) 160 000 joules

Resposta: item e)

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}(800kg)(72 \left(\frac{1000m}{3600s}\right))^2 = (400kg)(2(10m/s))^2$$

$$E_c = (400kg)\left(\frac{20m}{s}\right)^2 = 160000J$$

7) Uma melancia de 5kg é abandonada a partir do repouso de uma janela do quinto andar de um prédio, localizada a 20m em relação ao solo. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra com $g=10m/s^2$ e desprezando a resistência do ar, o que mudaria se fosse uma laranja de 140g (0,14kg) sendo abandonada a partir do repouso da mesma posição?

- a) a velocidade final e a força exercida no solo.
- b) somente a velocidade final.
- c) a aceleração adquirida e a velocidade final.
- d) somente a força exercida no solo.
- e) nada irá se alterar.

As respostas estão em termos das forças exercidas no solo, no caso a força peso $P = mg$, e velocidade final quando toca o solo. Considerando que as frutas na altura $h = 20m$ possuem só energia potencial, e quando toca o solo somente energia cinética: $E_{pi} = E_{cf} \Rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv_f^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{gh}$, não depende da massa da fruta, logo independe da velocidade final, e somente da força ao atingir o solo que depende da sua massa. Item d)

8) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) 4000 calorias
- b) 6000 calorias
- c) 10 000 calorias
- d) 10 calorias
- e) impossível determinar

Resposta: item a)

Equação do calor $\Rightarrow Q = mc\Delta T$

$$Q = (200g) \left(1 \frac{cal}{g^\circ C}\right) (40^\circ C - 20^\circ C) = (200g) \left(\frac{20cal}{g}\right) = 4.000J$$

9) Resistor elétrico é um componente muito abundante em circuitos elétricos com a função de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- b) converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.
- c) produz energia térmica por meio do efeito joule.
- d) converte energia elétrica em potencial química.
- e) converte a energia elétrica em choque elétrico.

Resposta: item d)

O enunciado usa o termo...produzidas..

E elas convertem uma energia em $E_{elét}$

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias?

Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

a) *Sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.*

b) *Não, somente as baterias conseguem produzir a energia elétrica,*

uma vez que as usinas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.

c) *Não, somente as usinas conseguem produzir a energia elétrica, uma vez que as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*

d) *Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias convertem outro tipo de energia em energia elétrica.*

e) *Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.*

Resposta: item b) converte..

Não pode ser o item c) pois essa usa a palavra "produz" e a energia não se produz, ela se converte, transforma.

Fonte: os autores

No Quadro 3 estão apresentadas as respostas corretas do questionário diagnóstico

Quadro 3 – Gabarito do questionário diagnóstico.

Questão	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Alternativa correta	C	B	A	A	D	E	D	A	B	D

Fonte: o autor.

Fundamentação Histórica – Sugestão de texto – (SASSO, 2022)

Com os avanços da ciência, principalmente pela influência do matemático e astrônomo Polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o Astrônomo, Físico e Engenheiro Italiano Galileu de Vincenzo Bonaulti de Galilei (1563-1642), no século XVII o homem passa a ver a evolução do mundo não mais pela ação direta de um criador, mas por grandes leis da natureza expressas matematicamente, fazendo-se questionar a matéria e sua evolução de outra forma.

É no século XIX, pelo matemático e físico britânico William Thomson (1824 - 1907) conhecido como Lord Kelvin ao nomear de *energia cinética*, a representação da metade de uma grandeza, denominada pelo polimata e filósofo alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), de *vis viva* " mv^2 ", que surge o termo *energia*, vindo para substituir a

terminologia de *vis*, ou força de Leibniz. Generalizando o conceito de energia a partir dos *vis viva*, o que abrangeu todas as outras formas de energia, como por exemplo, a *vis latente* ou *vis mortua*, conhecida hoje como energia potencial. (ROCHA, et al., 2011).

Em Textos de Apoio ao Professor de Física, Alessandro A. Bucussi (BUCUSSI, 2006), deixa claro que a *vis viva* só foi substituída principalmente pelo físico e médico britânico Thomas Young (1773-1829) pelo termo "*energia*" a partir de 1807, e recebeu a denominação atual de "*energia cinética*" por Lord Kelvin.

Para ROCHA et al. (2011), os conceitos de Christiaan Huygens - físico, matemático e astrônomo Holandês (1629-1695), por meio de observações de colisões entre dois objetos, e de Leibniz, sobre o *vis viva*, foram elementares para a construção do princípio da conservação da energia, um dos mais importantes princípios da física, formulado em meados do século XIX, num enunciado que dizia que a energia do Universo não pode ser criada e nem destruída, mas transformada.

Entretanto, ainda no século XVIII, mais exatamente em 1798, o engenheiro militar norte-americano Benjamin Thomson (1753-1814), também conhecido por Conde Rumford, ao perfurar canos de canhão, descobriu que o calor produzido era inextinguível, uma vez que fervia toda a água utilizada para o resfriamento. Até aquele momento, o calor era considerado uma substância que passava dos corpos quentes aos frios, chamada de *calórico*, em que deveria ser então, uma forma de energia desorganizada que provinha da energia do movimento das brocas quando friccionadas pelo canhão.

Os mesmos autores ainda mencionam,

A partir de então, o calor passou a ser incorporado também às equações que regem o princípio de conservação da energia. Existiriam, assim, duas formas de se transferir energia de um sistema a outro: o trabalho das forças se encarregaria de transferir energia mecânica, enquanto que o calor se transferiria por diferenças de temperatura entre os dois sistemas. No século XIX, a antiga *vis viva* de Leibniz foi assim unificada ao calor através do conceito comum de energia, constituindo-se em uma das mais importantes leis da Termodinâmica. (ROCHA et al., 2011, p. 106).

É notável que ao considerar os princípios históricos da ciência, esta se torna além da dedução lógica dos eventos, a sua construção deixa de ser unicamente oriunda da experimentação e da própria álgebra, demonstrando a não neutralidade do conhecimento científico e que suas decorrências também são influenciadas por aspectos subjetivos.

Energia (continuar na próxima aula)

A energia é uma grandeza física que pode ser convertida de uma forma para outra, não pode ser criada e nem destruída nos processos uma vez ocorrida, mesmo quando se combinar toda energia com a matéria que constitui o Universo, ela sempre permanece constante, ou seja, a soma de todas as formas de energia abrangidas permanece consecutivamente igual, jamais existiu exceção ao respectivo entendimento, deixando a ideia de que o conceito mais central de toda ciência seja de Energia.



- **Fechamento:** conversar com os alunos sobre o histórico, o que eles compreenderam, e se já haviam escutado de onde vem o termo energia cinética, entre outras questões que achar interessante, e se tiver tempo, iniciar a explicação sobre o conceito de energia segundo princípios da mecânica, que será abordado na próxima aula.
- **Avaliação:** participação dos alunos na aula.

🚩 Encontro 02 - Explicação do assunto e construção do Mapa Conceitual

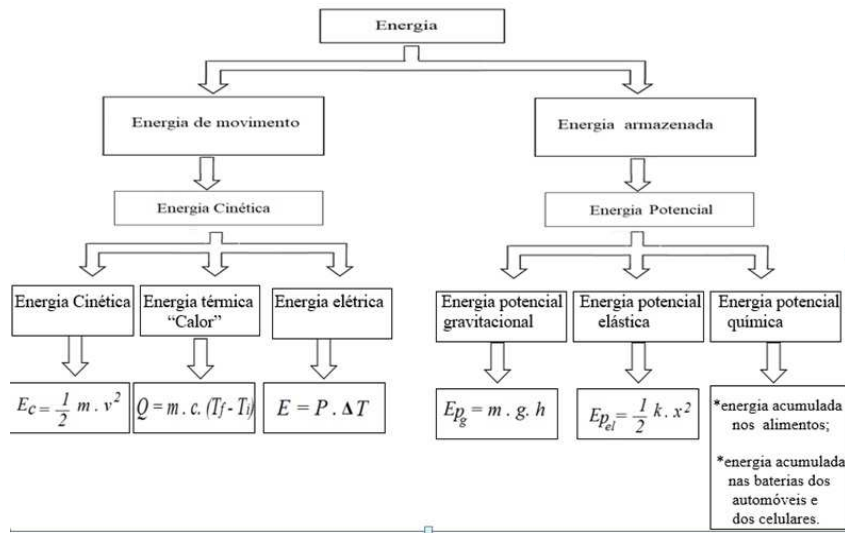
- **Duração:** 1 a 2 aulas de 50 minutos cada
- **Organização da turma:** padrão
- **Introdução:** No início da aula fazer uma revisão do Encontro 01;
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ Confecção de um mapa conceitual com formato pronto ou não, como uma ferramenta didática, sobre a Energia mecânica e suas formas; caso seja necessário explicar sobre como confeccionar um mapa conceitual, no Apêndice II-1 está disponível um texto de apoio.

Uma vez com o questionário diagnóstico já corrigido, fazer um levantamento das questões que os alunos mais tiveram dificuldades para responder iniciando a aula de forma dialogada, incentivando a participação de todos os estudantes. Anotar as principais

dificuldades para readequação do conteúdo, se necessário.

O próximo passo é realizar um mapa com o tema ENERGIA, mais precisamente no âmbito da Mecânica, quais Energias eles conhecem, onde elas atuam e quais equações as representam. Um exemplo de mapa conceitual simples é o apresentado na Figura 13.

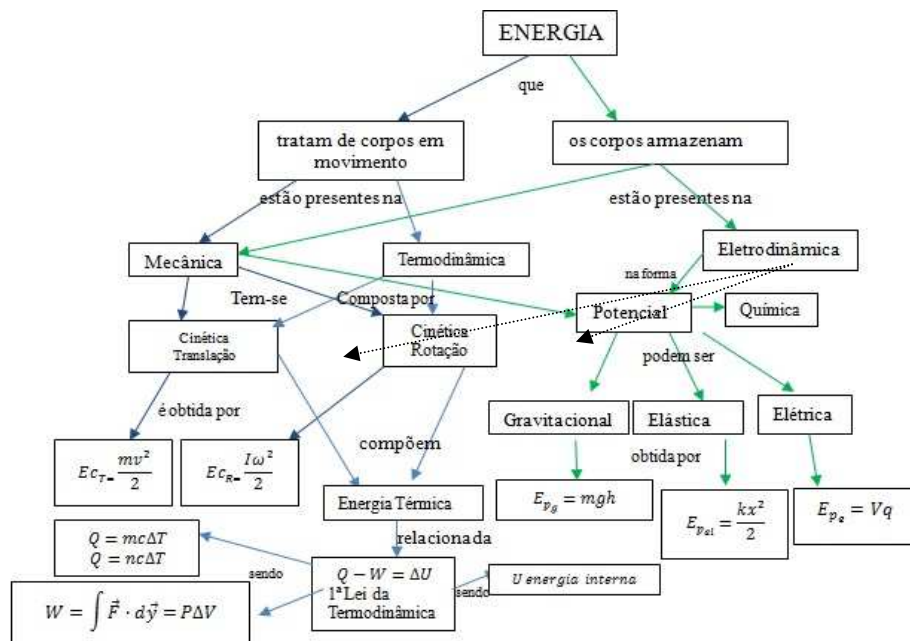
Figura 13 – Exemplo de Mapa conceitual realizado junto com os alunos.



Fonte: Sasso, 2022.

Um exemplo de mapa conceitual mais completo e que exige mais conhecimento é o apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Exemplo de um mapa conceitual mais completo sobre o tema energia.



Fonte: os autores;

Sugere-se direcionar a fala para os pontos que os estudantes tiveram mais dificuldades no questionário diagnóstico e na elaboração do Mapa Conceitual. Dessa forma, é importante se atentar que o mapa conceitual deve ser preenchido de acordo com uma sequência descendente, partindo dos conceitos mais gerais, passando pelos conteúdos intermediários e só depois chegar aos específicos.

- Continuar a aula realizando um retrospecto do que já foi trabalhado nas duas aulas anteriores, retomando assim, o diálogo entre a turma e o professor.

➤ **Sugestão de texto (SASSO, 2022 e H. Mukai)**

Paul A. Tipler (2006) descreve a energia como um conceito unificador e mais importante para a ciência, uma vez que todos os processos físicos envolvem energia, sendo essa uma medida de sua habilidade de realizar trabalho, afirmando ainda que diferentes são os termos usados para descrever as diferentes condições ou estados que ela pode se manifestar. Delineando que a Energia Cinética é a energia associada ao movimento, a Energia potencial é a energia associada à configuração de um sistema, e a Energia Térmica associada ao movimento aleatório dos átomos, moléculas e íons de um sistema, e está intimamente relacionada com a temperatura do sistema.

É importante ressaltar de que em física, segundo Francisco Ramalho Junior e coautores (1997), trabalho está associado a forças e não a corpos, o que distingue do significado da palavra trabalho empregada no cotidiano, que a relaciona a qualquer atividade física que necessita de esforço físico ou intelectual.

Partindo do princípio do conceito de energia tal como definida pelo Professor Herch Moysés Nussenzveig, "Chama-se de ENERGIA a capacidade de produzir trabalho" (NUSSENZVEIG, vol. 01, p.109, 2002), acrescentando as novas informações relacionadas.

Para Hugh Young (2008) e os demais autores antes citados, matematicamente o conceito de trabalho, aqui anotado pela letra W originário da inicial da palavra trabalho na língua inglesa *Work*, na física é definido pelo produto escalar entre a força \vec{F} e o deslocamento $d\vec{r}$, realizado pelo ou sobre o corpo, ao se mover de um ponto inicial i a um ponto final f , em que para uma força constante a equação que a expressa é:

$$W = F d \cos\theta. \quad (1)$$

Observando que se:

- \vec{F} e \vec{d} forem perpendiculares entre si, $\theta = 90^\circ \rightarrow W = 0$;
- \vec{F} e \vec{d} forem paralelos entre si, $\begin{cases} \theta = 0^\circ \rightarrow W = F d; \\ \theta = 180^\circ \rightarrow W = -F d. \end{cases}$

Lembrando que, $F = |\vec{F}|$ e de que $d = |\vec{d}|$.

Observa-se também que o trabalho realizado sobre o corpo é tanto maior quanto maior for ou a intensidade da força \vec{F} , por consequência, o deslocamento por ela causada, como exemplo na direção de x , $d = x_f - x_i$.

A unidade no SI usada para trabalho é o Joule, em homenagem ao físico inglês James Prescott Joule, (1818 - 1889), que de forma abreviada é representada pela letra J.

O trabalho é o resultado de uma quantidade de energia que se transfere a um objeto por meio de uma força que atua no mesmo. Dessa forma,

- se a energia for transferida para o objeto, classifica-se o Trabalho como positivo, $W > 0$, porém,
- se a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo, $W < 0$.

Uma vez que "realizar trabalho" ou "receber trabalho" é na verdade o ato de transferir energia, tem-se que o trabalho é uma grandeza escalar e possui a mesma unidade de medida que a energia.

Sendo a unidade de trabalho dada pelo produto da unidade de força pela unidade de deslocamento, em que no Sistema Internacional de unidades (SI) a unidade de força é o Newton (N) e a unidade de deslocamento é o metro (m), verifica-se então que a unidade Joule é equivalente a um Newton metro (Nm) ou ainda, em termos das unidades fundamentais, de comprimento tempo, e massa, é dada em Kgm^2/s^2 . No sistema gaussiano de unidades ergs.

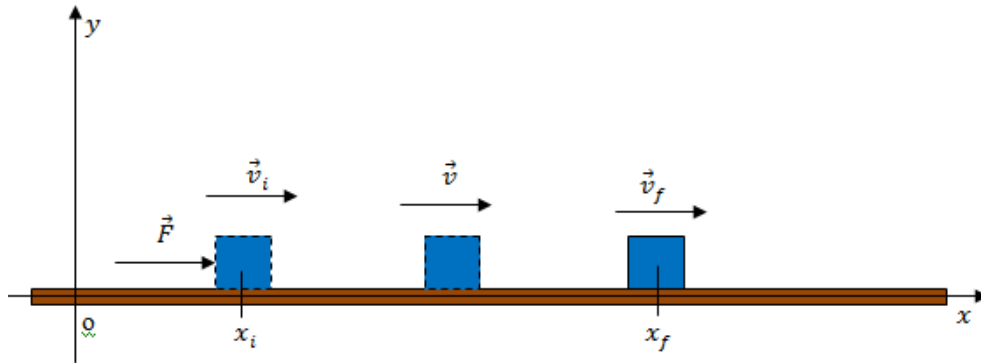
- **Trabalho e Energia**

De onde surgem as expressões da Energia Cinética e Potencial? Como estão relacionadas com o trabalho?

➤ **Energia Cinética (E_c)**

Supondo um bloco se movendo com uma velocidade \vec{v} de um ponto inicial i a um ponto final f sob a atuação de uma força constante paralela ao sentido do deslocamento (Figura 15).

Figura 15 - Desenho esquemático de um bloco se movendo sobre uma superfície sem atrito por uma força constante paralela ao sentido do movimento.



Fonte: os autores e citado em SASSO, 2022.

Utilizando a equação da cinemática, dada pela equação de Torricelli¹⁸, obtém-se a aceleração de um corpo:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x d. \quad (2)$$

Isolando a aceleração

$$a_x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}. \quad (3)$$

Substituindo a eq. (3) na segunda lei de Newton para quando a massa se mantém constante durante movimento,

$$F = ma_x = m \left(\frac{v_f^2 - v_i^2}{2d} \right)$$

Substituindo na equação (1), considerando o movimento por um deslocamento d paralelo ao sentido da força, tal que $\theta = 0^\circ$, e

$$W = Fd = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2. \quad (4)$$

Portanto, o lado direito da eq. (4) é o trabalho realizado por uma força constante e o lado direito da igualdade é a variação de energia cinética,

¹⁸ Evangelista Torricelli (1608-1647) Físico e matemático italiano.

$$W = \Delta E_c . \quad (5)$$

Sendo a energia cinética definida como:

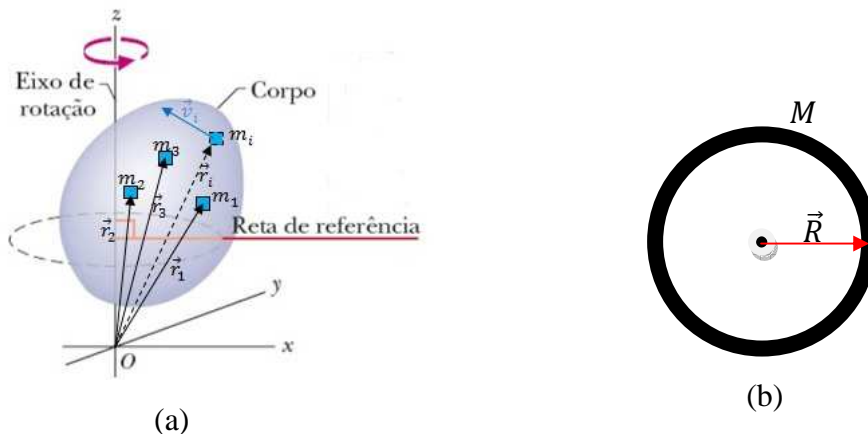
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 . \quad (6)$$

Assim, a expressão da energia cinética foi definida ao escrever a equação denominada de teorema trabalho-energia cinética, em que relaciona que trabalho é uma forma de energia em trânsito, o corpo deve estar em movimento.

A equação (6) nos informa que ela é uma grandeza escalar que depende da massa do corpo e da intensidade de sua velocidade a cada instante do movimento. Caso se queira obter a energia cinética média, a velocidade a ser utilizada será a velocidade média em um determinado percurso. Sua unidade no SI é o Joule, representada pela letra J, e no sistema gaussiano por ergs. A conversão de Joule, J, para ergs é dada por $1 J = (10^3 g) \left(\frac{(10^2 cm)^2}{s^2} \right) = 10^7 g \frac{cm^2}{s^2} = 10^7 ergs$.

A energia cinética pode ser também de rotação, para obter sua expressão considere um conjunto de partículas de massa m_i que constituem um corpo, essas giram em torno de um eixo fixo, todas com velocidade angular ω , mas a linear cada uma terá a sua, pois a distância do eixo de rotação até onde está posicionada são diferentes \vec{r}_i (Figura 15).

Figura 15 - Desenho esquemático indicando (a) uma distribuição de massas m_i e cada uma a uma distância \vec{r}_i em relação ao eixo de rotação, e em (b) em uma circunferência de massa M e raio \vec{R} que gira em torno de um eixo passando pelo seu centro.



Fonte: (a) adaptada de Halliday *et al.*, (2010) e (b) os autores.

No caso da Figura 15 (a), a energia cinética de todas partículas de massas m_i com velocidade \vec{v}_i , é dada por, $E_c = \frac{1}{2} \sum_i m_i v_i^2$. Como $v_i = \omega r_i$, a energia cinética fica expressa na forma

$$E_c = \frac{1}{2} \sum_i m_i (\omega r_i)^2 . \quad (7)$$

A quantidade

$$\sum_i m_i r_i^2 = I, \quad (8)$$

é definido como o momento de inércia (I) do conjunto de massas em rotação, e a equação (7) fica escrita na forma,

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2 = E_{cR}. \quad (9)$$

No caso de uma roda Figura 15 (b), para obter momento de inércia em um ponto da circunferência, este quando gira em torno do seu eixo localizado no centro da circunferência, o momento de inércia é dado pela massa da circunferência e seu raio R :

$$I = MR^2 . \quad (10)$$

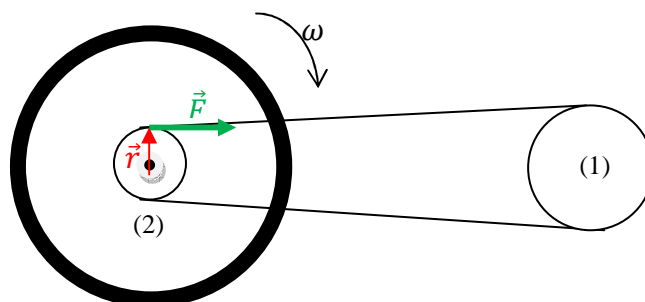
Este é o caso do pneu traseiro da bicicleta que está fixo no suporte e não tem movimento de translação.

Para obter a velocidade angular para uma situação ideal, pode-se trabalhar o conceito de torque, que possui magnitude dada por

$$\tau = rF \sin \theta . \quad (11)$$

Em que r é a distância do eixo de rotação até onde a força que a provoca está posicionada e θ o ângulo entre eles. No caso da bicicleta, Figura 16 ilustra que o ângulo é aproximadamente 90° e \vec{F} é a força tracionada na corrente.

Figura 16 - Desenho esquemático indicando a distância do eixo de rotação até onde atua uma força F na corrente da bicicleta, que conecta a coroa (1) à catraca (2).



Fonte: H. Mukai

Como torque é dado pela segunda lei de Newton para rotação,

$$\tau = I\alpha. \quad (12)$$

Considerando a cinemática de rotação

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = \alpha t. \quad (13)$$

Unindo as equações (10), (11), (12) e (13) na equação (9),

$$E_{cR} = \frac{1}{2} \frac{r^2 F^2 t^2}{MR^2}. \quad (14)$$

Mas essa equação é somente caso o docente queira trabalhar com esses conceitos, na situação do aparato experimental a força \vec{F} e o raio \vec{r} não se mantêm constante devido a troca de marchas enquanto se pedala, e ainda há o atrito do pneu com o eixo dentado do alternador automotivo.

A determinação da energia cinética de rotação da roda traseira da bicicleta ficou impossibilitada de ser obtida, uma vez que o campo magnético criado no alternador gera uma força de rolamento diferente quando está convertendo energia em relação a quando não está. Em outras palavras, quando não existe o campo magnético ou quando o alternador não está no processo de auto-excitação, o ato de pedalar é mais fácil, ou seja, mais leve. Porém, quando ele entra no estado de auto-excitação, ou melhor, quando já está gerando o seu próprio campo e convertendo energia cinética de rotação em energia elétrica, fica mais difícil o ato de pedalar, uma sensação análoga quando se pedala uma bicicleta em uma subida leve.

Em suma, a determinação da energia cinética de rotação da roda traseira não foi possível, uma vez que a diferença na força de rolamento da polia do alternador que gira em contato da roda da bicicleta é diferente ao longo do processo, contudo, somente são pertinentes para o presente trabalho os conceitos teóricos que envolvem o respectivo tema em específico. Optou-se experimentalmente, explicar uma parte das energias transformadas de forma qualitativa, e quantitativa a transformação da energia elétrica em térmica.

A equação (5) é utilizada a nível clássico, seja em mecânica, em que se consideram os corpos sem considerar suas dimensões, mas que toda a massa esteja concentrada no seu centro de massa; em termodinâmica, no movimento das moléculas que compõem um

material quando aquecido aumenta a agitação molecular e quando resfriado a agitação diminui. O que varia em seu uso é como obter a intensidade da velocidade que vai depender do sistema em análise.

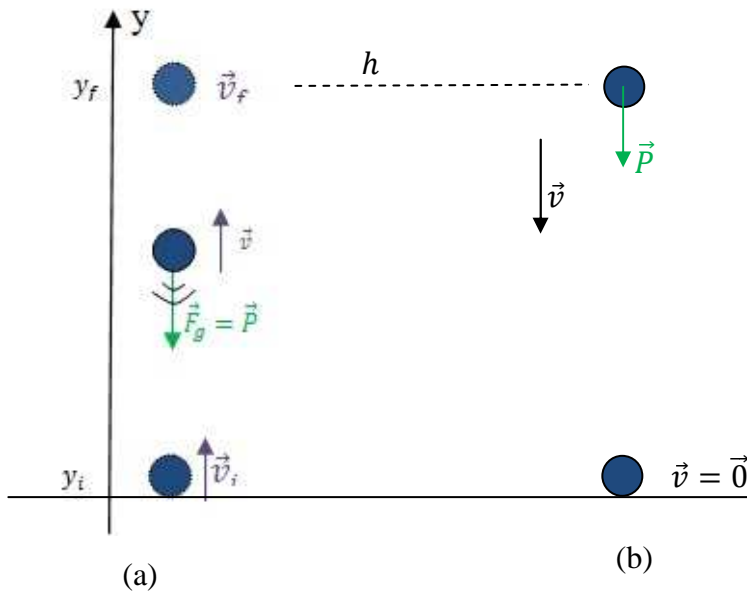
- **Energia Potencial**

No caso da energia potencial sugere-se trabalhar matematicamente, a gravitacional, e elástica (Apêndice II-3) no âmbito da mecânica, energia potencial elétrica no eletromagnetismo. Ficando a critério do docente a sua explicação.

- **Energia Potencial Gravitacional E_{pg}**

Para os casos da energia potencial, considerando a configuração apresentada na Figura 17, a saber, em (a) adquirindo energia potencial ao ser lançada verticalmente para cima, e (b) para a energia potencial gravitacional acumulada no corpo por estar a uma altura máxima h do solo e retornando a sua posição de lançamento vertical.

Figura 17 - Desenho esquemático da configuração de um corpo de massa m , (a) sendo lançada no sentido vertical para cima com uma velocidade inicial \vec{v}_i atinge uma altura h , e (b) retorna a sua posição inicial atingindo o solo com uma velocidade \vec{v} .



Fonte: os autores.

Tendo em vista que W é o trabalho realizado por uma força constante \vec{F} paralela

e de mesmo sentido ($\theta = 0^\circ$) que o deslocamento \overline{AB} ($= d$), a equação (1)

$$W = F d \cos\theta$$

Considerando um objeto de massa m , conforme ilustrado na Figura 17:

i) Considerando o processo de subida

No processo de subida do corpo a força peso aponta para baixo e o deslocamento é para cima, assim, o ângulo entre a força e o deslocamento é 180° , pois estão em sentidos opostos, tem-se que o trabalho realizado é dado por,

$$W = P\Delta y \cos 180^\circ = -mg(y_f - y_i) = -mg\Delta y = -\Delta E_{pg} = -mg(-h). \quad (15(a))$$

Sendo a quantidade mgy a energia potencial.

ii) Considerando o processo de descida

Nesta situação a massa está a uma altura h em relação ao solo, Figura 17 (b) a orientação positiva para cima, a força sendo a força peso está orientada para baixo, o deslocamento $d = y_f - y_i = 0 - h$, no mesmo sentido, o trabalho é dado por:

$$W = -P(0 - h)\cos 0^\circ = -(0 - mgh) = -\Delta E_{pg}. \quad (15(b))$$

a energia é a capacidade de produzir trabalho, é dada por

$$E_{pg} = mgh, \quad (16)$$

denominada de energia potencial gravitacional.

A equação (15) é definida por meio do teorema trabalho-energia potencial, válida para sistemas em que somente atuam forças conservativas, ou seja, o trabalho independe da trajetória. Assim, o trabalho total é nulo. O trabalho total nesse caso seria o corpo sendo lançado na vertical atingir a altura máxima e retornar ao seu ponto de partida, como se pode ver usando as equações (15(a)) e (15(b))

$$W_T = -(mgh - 0) + [-(0 - mgh)] = -mgh + mgh = 0.$$

A energia potencial gravitacional, como toda energia potencial, depende de um ponto de referência, no caso a altura h considerando a altura inicial a origem do sistema de coordenadas, dessa forma, a energia potencial gravitacional sofre variações de acordo com a altura h . Depende também da massa do corpo e da aceleração gravitacional que se mantém constante durante o movimento.

Assim como a energia cinética, a energia potencial também varia durante o

movimento. No caso do exemplo da Figura 17 (a) o corpo diminui a energia cinética até zerar (quando o corpo atinge a altura e nesse ponto a velocidade é nula) e a a energia potencial aumenta (atinge a altura máxima). E na Figura 17 (b) ocorre o oposto.

Caso queira mostrar que o trabalho realizado por um corpo é dado pela área de um gráfico da Força versus deslocamento, pode-se utilizar a força elástica. Um texto está apresentado no Apêndice II-3.

➤ Energia Mecânica e sua Lei de Conservação

A soma da energia cinética E_c com a energia potencial E_p , dada por E_m , é intitulada de Energia Mecânica de um determinado sistema,

$$E_m = E_c + E_p \quad (18)$$

Considerando em um sistema em que as transferências de energia ao serem produzidas apenas por forças conservativas, desconsiderando então as forças dissipativas (de atrito e de arrasto), e que nenhuma força externa atue sobre o sistema, têm-se que, quando uma força conservativa realiza um trabalho W , essa força é a responsável por uma transferência de energia entre a energia cinética adquirida pelo objeto e a energia potencial acumulada no sistema.

$$W = -\Delta E_p = \Delta E_c. \quad (19)$$

Logo, da equação (19),

$$\begin{aligned} \Delta E_p + \Delta E_c &= 0 \\ E_{p_f} - E_{p_i} + E_{c_f} - E_{c_i} &= 0 \\ E_{m_f} &= E_{m_i}, \end{aligned} \quad (20)$$

Que é a lei de conservação de energia mecânica, em um sistema conservativo, também pode ser escrita como:

$$\Delta E_m = 0. \quad (21)$$

Conforme citado por Halliday *et al.* (2008):

Em um sistema isolado, onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas sua soma, a energia mecânica E_{mec} do sistema, não pode variar. Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a soma da energia cinética com a energia potencial em um instante à soma em outro instante, *sem levar em conta o movimento*

intermediário e sem calcular o trabalho realizado pelas forças envolvidas. (HALLIDAY, D et al, 2008, p. 188).

Em sistemas que envolvam movimento de translação e rotação deve-se lembrar que essa energia mecânica é a total do sistema. Tal que a energia cinética será dada pela equação (18) adicionada à energia cinética de rotação, equação (9), $E_{cR} = \frac{1}{2}I\omega^2$, sendo I o momento de Inércia do corpo e ω a velocidade angular de rotação em torno de um eixo fixo.

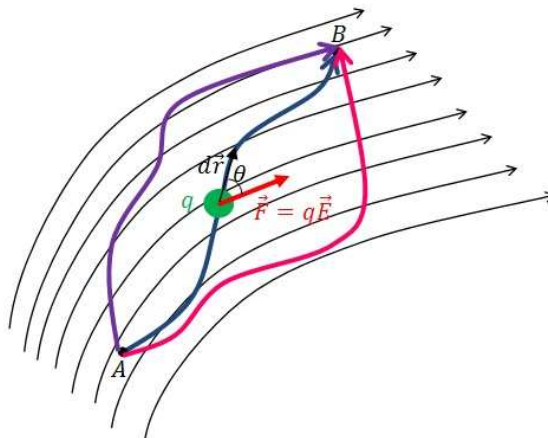
➤ Energia e Trabalho no Eletromagnetismo

No caso do Eletromagnetismo, tem-se que o trabalho realizado por uma força elétrica de intensidade, $F = qE$, para deslocar de uma distância d uma carga elétrica $+q$ puntiforme entre dois pontos A e B, em um campo elétrico uniforme de intensidade (E), a equação (1) é dada por,

$$W_{AB} = F_{el}d\cos\theta = qEd\cos\theta. \quad (22)$$

A força elétrica também é uma força conservativa, tal que qualquer outra trajetória entre A e B (Figura 18, por exemplo, trajetórias em lilás e rosa) ou ainda entre quaisquer dois pontos sobre cada trajetória, a variação de energia potencial ($\Delta E_{Pel.}$) é a mesma, o que significa que o trabalho independe da trajetória.

Figura 18 - Desenho esquemático ilustrando uma carga elétrica (q) se deslocando entre dois pontos em um campo elétrico qualquer gerada por um objeto carregado. E em outras cores, outras trajetórias como exemplos.



Fonte: adaptada de Halliday (2010).

Como todo objeto carregado cria um potencial elétrico (V) no mesmo ponto em que é criado um campo elétrico, a energia potencial ($E_{P_{elétrica}}$) dessa configuração pode ser escrita como,

$$E_{P_{elétrica}} = qV. \quad (23)$$

No caso da carga se movendo entre dois pontos, como ilustrado na Figura 18, a variação da energia potencial é dada por

$$\Delta E_{P_{elétrica}} = q(V_B - V_A). \quad (24)$$

Tal que a equação (22) em termos da equação (24) torna-se,

$$-\Delta E_{P_{elétrica}} = W_{AB} = -q(V_B - V_A).$$

Essa variação pode ser nula quando não houver variação de potencial, $V_A = V_B$, e pode ser negativa ou positiva dependendo dos sinais da carga q e da diferença de potencial. Portanto o trabalho realizado pelo campo elétrico para levar uma carga ($\pm q$) do ponto A até B é dado por,

$$W_{AB} = q(V_A - V_B) = qU. \quad (25)$$

A quantidade $V_A - V_B = U$ é conhecida como diferença de potencial (ddp) ou tensão. No SI, a unidade da ddp/tensão é Volt (V), em homenagem a Alessandro Volta (1745-1827) o Físico que construiu a primeira pilha elétrica. A carga é dada em Coulomb (C), em homenagem a Charles Coulomb (1736-1806).

Na equação (25) para o cálculo do potencial elétrico, em um único ponto, atribui-se um valor arbitrário, como por exemplo, zero a um dos pontos, que será o ponto de referência para a medida de potenciais. O potencial será positivo ou negativo quando se muda o ponto de referência, mas a ddp continua igual.

➤ Trabalho e Energia na Termodinâmica

Em Termodinâmica, o trabalho é realizado pelo sistema ou sobre o sistema, e diferentemente da mecânica e do eletromagnetismo, depende da trajetória.

Considerando que o módulo da força está relacionado a pressão exercida em uma determinada área:

$$F = PA. \quad (26)$$

No caso de um trabalho sendo realizado sobre o sistema, Figura 19 (a), tem-se que, substituindo a equação (26) na equação (1), observando que a força e o deslocamento estão no mesmo sentido e direção, $\theta = 0^\circ$,

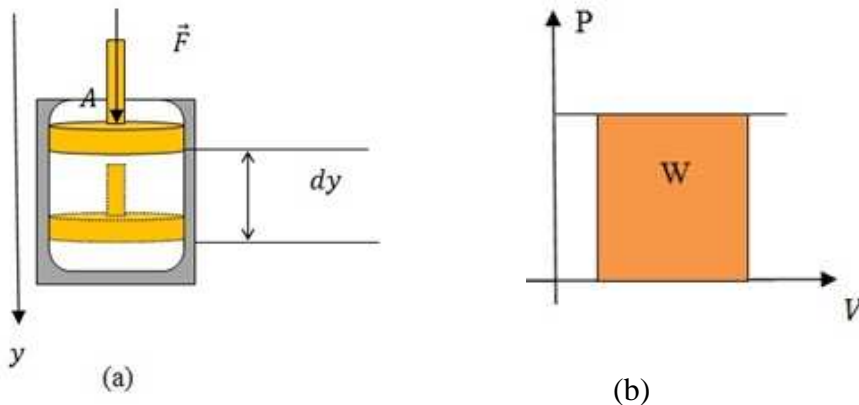
$$W = PA\Delta y.$$

Como $A\Delta y = \Delta V$,

$$W = P\Delta V, \tag{27}$$

que é a área abaixo à reta na Figura 19 (b).

Figura 19 - Desenho esquemático ilustrando (a) a ação de uma força em um processo termodinâmico, variando a posição da posição de dy , e comportamento gráfico da pressão (P) versus volume (V) quando a pressão for (b) constante, o trabalho é dado pela área abaixo da reta do gráfico.



Fonte: os autores.

Um dos princípios da termodinâmica é que "calor é a energia em trânsito, e transita do corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura" (NUSSENZVEIG, 2002). Quando os corpos ficam a uma mesma temperatura a transferência de calor cessa e diz-se que os corpos estão em equilíbrio térmico.



Na próxima aula será exposta a continuação do tratamento sobre energia e suas transformações direcionadas ao aparato experimental.

Ainda nesta aula, caso tenha tempo, acrescentar a análise das grandezas físicas e suas unidades de medida, serão utilizados o Sistema Internacional de Unidades (SI) e o Sistema Gaussiano¹⁹ como base, dispondo das informações descritas nos quadros 4 e 5.

¹⁹ Nomeado como sistema C.G.Stem como escolha o centímetro, a grama e o segundo como unidades

Quadro 4 - Apresentam-se as Unidades Básicas no SI e Unidades derivadas do SI, que serão utilizadas no presente trabalho.

<i>Grandeza</i>	<i>Nome da unidade</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidades equivalentes</i>
Unidades básicas no SI			
Comprimento	metro	m	
Massa	quilograma	Kg	
Tempo	segundo	s	
Corrente elétrica	ampère	A	
Temperatura	kelvin	K	
Unidades derivadas no SI			
Área	metro quadrado	m ²	
Velocidade	metro por segundo	m/s	
Calor específico	Joule por quilograma-Kelvin	J/(kg K)	
Força	Newton	N	(kg m)/s ²
Potência	Watt	W	J/s
Diferença de potencial (ddp ou tensão)	Volt	V	J/C, W/A

Fonte: YOUNG, Hugh D. **Física I/Young e Freedman**; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moysés Luiz. -12ª ed. – São Paulo: Addison Wesley, 2008.(Apêndice A . P.387)

Quadro 5 - Apresentam-se as unidades de medida que não pertencem ao SI, mas que podem ser utilizadas no presente trabalho, como o sistema gaussiano que utiliza cm, e g para unidade de comprimento e de massa respectivamente.

<i>Grandeza</i>	<i>Símbolo da grandeza</i>	<i>Nome da unidade</i>	<i>Símbolo da unidade</i>	<i>Equivalência</i>

fundamentais.

Comprimento	$\Delta S, h, d$	centímetro	cm	0,01 m
		quilômetro	km	1000 km
Massa	m	grama	g	0,001 kg
		tonelada	t	1000 kg
Tempo	Δt	minuto	min	60s
		hora	h	3600s
Temperatura	$\Delta T, T$	graus Celsius	$^{\circ}\text{C}$	K -273
Velocidade	V	quilômetro por hora	km/h	0,278m/s
Quantidade de calor	Q	caloria	cal	4,186J
Calor específico	c	caloria por grama vezes graus Celsius	cal/g $^{\circ}\text{C}$	4186 j/kg.K

Fonte: o autor

- **Fechamento:** analisar e discutir com os alunos sobre o mapa conceitual.
- **Avaliação:** participação dos alunos na aula.
- **Finalização da sequência:** para avaliar se os alunos aprenderam analisar as principais dúvidas e dificuldades levantadas pelos alunos.

Encontro 03 – A Energia no Aparato Experimental

- **Duração:** 1 a 2 aulas de 50 minutos cada.
- **Organização da turma:** padrão
- **Introdução:** No início da aula relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**

- ✓ Término da explanação sobre as formas de energia;
- ✓ Demonstrações e possíveis deduções das equações necessárias para a realização dos cálculos que serão utilizados para a análise experimental a ser realizada na “bicicleta dinâmica”;
- ✓ Exemplo de transformação de energia em uma usina hidrelétrica a fio d’água e em uma termoelétrica.

Sugestão de texto (os autores e citado em SASSO, 2022)

A variação de calor que flui de um material para outro é representada pela equação,

$$\Delta Q = mc\Delta T, \quad (28)$$

se um sólido ou um líquido. Sendo m a massa do material e c o calor específico que depende do material.

Como calor é a energia térmica em trânsito, a partir de 1948, sua unidade no SI é o Joule [J], no sistema gaussiano é o ergs, mas comumente se utiliza a caloria [cal]. Define-se $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$ (valor exato) (HALLIDAY *et al.*, 2016). Historicamente a caloria vem do termo calórico, quando se pensava que o calor era um tipo de substância que fluía entre dois meios, que recebeu esse nome.

A caloria foi definida como a quantidade de calor necessária para elevar de $14,5^\circ\text{C}$ a $15,5^\circ\text{C}$ a temperatura de 1g de água. Já a quantidade de calor necessária para elevar de uma unidade a temperatura de 1g de uma dada substância chama-se *calor específico* c dessa substância, e a unidade no sistema internacional (SI) $\text{J/kg}^\circ\text{C} = \text{J/kgK}$. No sistema gaussiano, é dada por $\text{ergs/g}^\circ\text{C} = \text{ergs/gK}$.

Então, ao considerar um corpo de massa m gramas de uma substância pura de calor específico c , a quantidade de calor ΔQ necessária para elevar sua temperatura de ΔT é representada pela equação (28) fica escrita na forma,

$$\Delta Q = mc\Delta T = C\Delta T. \quad (29)$$

Em que, $C = mc$ chama-se a *capacidade térmica* da amostra considerada, sendo medida em $\text{cal}/^\circ\text{C}$, ou J/K no SI. A capacidade térmica não é a quantidade de calor que o corpo

pode reter, mas sim a quantidade de calor necessária para elevar de uma unidade a temperatura de um corpo, independente do sistema de unidade.

Em um sistema formado de m_1 gramas de uma substância de calor específico c_1 , outra de massa m_2 calor específico c_2 , e assim por diante, a capacidade térmica total é dada pela adição da capacidade térmica de cada elemento que compõe a substância,

$$C = m_1c_1 + m_2c_2 + \dots \quad (30)$$

Definido o trabalho e calor para um processo termodinâmico finito, pode-se escrever a seguinte equação

$$\Delta Q - W = \Delta E_{int}, \quad (31)$$

conhecida como a primeira lei da termodinâmica. A energia interna é uma quantidade que depende apenas da temperatura. Os processos termodinâmicos podem ocorrer a volume constante, pressão constante e/ou temperatura constante, bem como sem trocas de calor com o meio:

- Isovolumétrico, quando o volume permanece constante, $V_f = V_i$, nesse caso o trabalho é nulo, como se pode ver por meio da equação (27) em que $\Delta V = 0$. É a 1ª Lei da termodinâmica, eq. (31), $Q = \Delta E_{int}$;
- Isobárico, quando a pressão permanece constante, o trabalho é dado pela eq. (27) $W = P\Delta V$, e a primeira lei fica como está na equação (31);
- Isotérmico, quando a temperatura permanece constante, para gases, a variação de energia interna é nula, e a eq. (31) tem-se que $W = \Delta Q$;
- Adiabático, quando não há troca de calor entre os sistemas envolvidos, está termicamente isolado. Assim, $\Delta Q = 0$, e a eq. (31) pode ser escrita como, $-W = \Delta E_{int}$.

Conforme citado por Nussenzveig (2002, Vol. 02), um recipiente de paredes adiabáticas e de capacidade térmica C , que contém uma determinada massa m de água, de calor específico $c = 4186 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$, onde foi mergulhada uma amostra A de massa m_A de uma substância de calor específico c_A , aquecida a uma temperatura T_A .

Experimento 2 (descrito no capítulo 1) - método 1

Para ajudar na explicação de como explicar o que ocorre no aparato experimental utilizando a Figura 20 que ilustra essa situação, por meio do simulador Calorímetro, Física na Escola (*Physics at school*), disponibilizado por Vladimir Vascak, no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=pt

Nesse simulador na opção 1, Figura 20, também não se utiliza um resistor elétrico acoplado ao calorímetro. Há um recipiente com 0,25 kg de água (1) em uma temperatura alta a 80°C e ao acionar o botão lilás, observa-se que o nível de água vai diminuindo e a do calorímetro, que inicialmente (2) há 0,20 Kg de água a uma temperatura de 20°C, ambos.

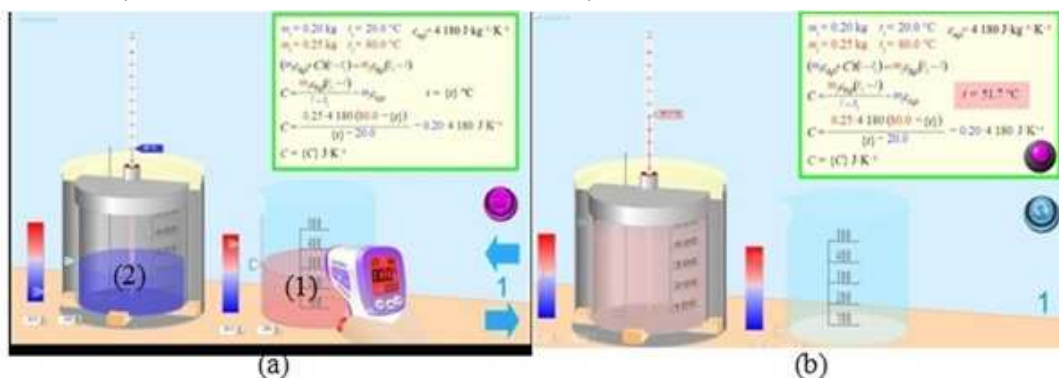
Dessa maneira, como as paredes adiabáticas do recipiente não permitem trocas de calor com exterior (chamado de Calorímetro, com capacidade térmica C), a quantidade de calor $\Delta Q = m_A c_A (T_A - T_f)$ que foi cedida pela amostra (no caso a água de maior temperatura) é inteiramente recebida pela água dentro do calorímetro [$mc(T_f - T_i)$] e pelo recipiente [$C(T_f - T_i)$]. Tem-se assim que na temperatura de equilíbrio

$$Q_{cede} = Q_{recebe} \quad (32 \text{ (a)})$$

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i). \quad (32 \text{ (b)})$$

Aguarda-se a água e o calorímetro entrarem em equilíbrio térmico, que ocorre a 48,3°C (quando o termômetro no calorímetro para de variar e essa é a T_f) e utiliza-se a equação (32 (b)) para o cálculo da capacidade térmica do calorímetro. Os valores das massas e das temperaturas iniciais são variáveis, a escolha neste trabalho foram essas.

Figura 20 - Cópia de tela do simulador 'Calorimetria', Física na escola, para obtenção da capacidade térmica de um calorímetro, de forma opcional ao feito no experimento via bicicleta dinâmica. Em (a) selecionando os parâmetros massa, temperatura inicial, e após clicar o botão lilás, começa o aumento de temperatura no calorímetro, em (b) após entrar em equilíbrio térmico, obtido a temperatura final, e (c) o resultado da capacidade térmica ao clicar no botão lilás de (b).



$m_1 = 0.20 \text{ kg}$ $t_1 = 20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
 $m_2 = 0.20 \text{ kg}$ $t_2 = 80.0 \text{ }^\circ\text{C}$
 $(m_1 c_{\text{H}_2\text{O}} + C)(t - t_1) = m_2 c_{\text{H}_2\text{O}}(t_2 - t)$
 $C = \frac{m_2 c_{\text{H}_2\text{O}}(t_2 - t)}{t - t_1} - m_1 c_{\text{H}_2\text{O}}$ $t = 48.3 \text{ }^\circ\text{C}$
 $C = \frac{0.20 \cdot 4180 (80.0 - 48.3)}{48.3 - 20.0} - 0.20 \cdot 4180 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
 $C = 100.4 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} \approx 100 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$

(c)

Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=p

Obtida a capacidade térmica do calorímetro, pode-se ainda no mesmo simulador, na opção 2, obter o calor específico de diversos sólidos de materiais diferentes.

- **Energia e Efeito Joule**

Segundo Paul G. Hewitt (2009), de forma análoga a um condutor de calor, onde transita a energia térmica em seu interior, devido à existência de diferentes temperaturas entre as suas extremidades, em qualquer material que possua partículas carregadas livres, essas, facilmente podem transitar através do mesmo quando as extremidades desses elementos são submetidas a potenciais elétricos diferentes. Esse fluxo ordenado das partículas carregadas é chamado de *Corrente Elétrica i* , unidade é Ampère.

Segundo Moysés Nussenzveig (1997, Vol. 03), para que uma carga dq seja transportada de um a outro eletrodo (polo) de uma bateria, por exemplo, devido uma diferença de potencial U , é preciso fornecer energia para Δq . Assim, para manter uma corrente $i = \Delta q / \Delta t$ durante um tempo Δt por meio de U , é preciso fornecer uma energia dada pela equação (26), considerando a equação $\Delta q = i \Delta t$,

$$W = (i \Delta t) U$$

o que na verdade corresponde energia por unidade de tempo, ou seja, a *potência*, que pode ser representada pela equação,

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} \equiv P = iU. \quad (33)$$

Ainda é importante ressaltar que o mesmo autor, descreve o que acontece com essa potência em outros processos onde existem forças dissipativas. Tal que essa potência é

dissipada em forma de calor, como ocorre em um chuveiro elétrico ou pode produzir radiação térmica visível, como no aquecimento ao rubro da do resistor elétrico, de um aquecedor ou de um fogão elétrico. Assim, a equação (33), em termos de resistência elétrica R , a potência de um condutor, usando a lei de Ohm, $U = Ri$ pode ser escrita na forma,

$$P = i^2 R = \frac{U^2}{R}. \quad (34)$$

Toda vez que a potência envolve uma resistência ela é considerada uma potência dissipada. Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como *efeito Joule*, que foi descoberta por James Prescott Joule (1818-1889) no decorrer de suas experiências sobre o equivalente mecânico da caloria.

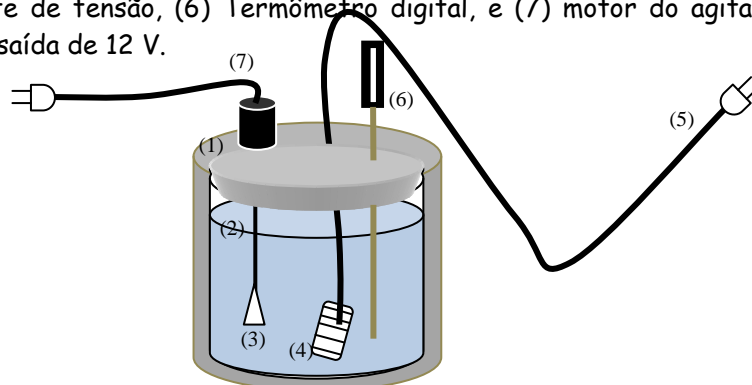
• Calorimetria - Aplicação do Efeito Joule - Método 2

Assim, no experimento de calorimetria podemos obter a capacidade térmica do calorímetro, análoga à forma apresentada na equação (32(b)), mas agora utilizando um resistor elétrico para aquecer a água de forma contínua medindo a taxa da variação da temperatura com o tempo. Partindo da equação (32(a)),

$$Q_{cede} = Q_{recebe}.$$

No caso, o calor será dissipado pelo resistor elétrico por meio do efeito Joule, dada pela equação (34) e quem recebe calor será a água e o calorímetro (Figura 21) desprezando o calor latente de vaporização (para isso deve-se deixar pouco espaço entre a tampa e o nível de água).

Figura 21 - Desenho esquemático de parte da montagem experimental envolvendo um (1) calorímetro, (2) líquido, no caso a água, (3) agitador, (4) resistor elétrico, (5) fios de conexão do resistor para uma fonte de tensão, (6) Termômetro digital, e (7) motor do agitador que deve estar conectado a uma saída de 12 V.



Fonte: H. Mukai.

Portanto, a dissipação de calor é proporcionada pelo resistor elétrico, da definição de potência como trabalho por unidade de tempo, e de que trabalho é uma forma de energia no caso o calor que se dissipa, dada pela equação (35),

$$Q_{cede} = P\Delta t = \frac{U^2}{R}\Delta t. \quad (36(a))$$

E calor de quem recebe: a água $Q_{\text{água}}$, e o calorímetro Q_{cal} ,

$$Q_{recebe} = m_{\text{água}} c_{\text{água}}\Delta T + C_{\text{calorimetro}} \Delta T, \quad (36(b))$$

De forma que a equação (32(a)) fica escrita na forma,

$$\frac{U^2}{R}\Delta t = m_{\text{água}}c_{\text{água}}\Delta T + C_{\text{calorimetro}}\Delta T,$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{R} \frac{\Delta t}{\Delta T} - m_{\text{água}}c_{\text{água}}$$

ou,

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{Rk} - m_{\text{água}}c_{\text{água}}, \quad (37)$$

em que $k = \frac{\Delta T}{\Delta t}$. Que será obtido por meio da inclinação da reta do gráfico ΔT versus Δt . Conhecida a capacidade térmica do calorímetro, caso queira determinar o calor específico de algum líquido, basta trocar a água pelo líquido, repetir o procedimento experimental e utilizar a equação (37) isolando o termo do calor específico, como está descrita na referência MUKAI e FERNANDES (2018).

• Energia e Lei da Indução Eletromagnética

Quando se deseja saber a quantidade de energia elétrica, $E_{\text{elétrica}}$, a qual é usualmente expressa em quilowatt-hora (kWh) e equivale à energia convertida durante uma hora a uma taxa de 1 quilowatt. A respectiva unidade representa a seguinte relação,

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow W = P\Delta t = E_{\text{elétrica}} \quad (38)$$

$$1kwh = (1kwh)(1h) = (10^3W)(3600s) = 3,6 \times 10^6J.$$

A energia elétrica pode ser obtida de diversas formas. Uma delas é por meio de uma usina hidroelétrica a fio d' água, como a existente a 1,5 Km da instituição de ensino onde o PE deste trabalho foi aplicado. Esse foi um dos fatos que influenciou diretamente

a escolha do tema, pois sempre se pensou que o assunto a ser abordado deveria se correlacionar com algo relevante do cotidiano dos alunos. Essa usina é a Usina Hidrelétrica de Rosana, situada no estado de SP, divisa com o estado do PR. Sua construção iniciou em julho de 1980 e em 1987 a sua primeira geração com 80 MW. Utilizam as águas do Rio Paranapanema, vindas do Rio Paraná.

Seu nível máximo operacional é de 258 m acima do nível do mar, enquanto que seu nível mínimo operacional é de 256 m acima do nível do mar, alagando uma área de até 220 Km e gerando energia por meio de quatro turbinas do tipo Kaplan, que a partir de um desnível de 17 m geram até 372 MW. (Wikipedia, 2020)

Essa usina é administrada por uma empresa estrangeira "Duke Energy".

Uma usina a fio d'água (Figura 22 (a)) não possui uma barragem com alto desnível como a de Itaipu (Figura 22 (b)), ou quando os possui são pequenos quando comparados com as que possuem para seu funcionamento. Normalmente utilizam a vazão provinda do próprio rio, auxiliados das usinas que utilizam grandes reservatórios situados em pontos mais altos.

Figura 22 - Imagem fotográfica das usinas de (a) de Rosana-SP em duas vistas diferentes, e (b) a de Itaipu situada em Foz do Iguaçu - PR.



(a)



(b)

Fontes: (a) <http://www.dttcolagricola.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=92>
(b) https://pt.wikipedia.org/wiki/Usina_Hidrel%C3%A9trica_de_Itaipu#/media/Ficheiro:Itaipu

Mas, como ocorre a conversão da energia fornecida pela água em energia elétrica? Após a água por meio de energia mecânica atingir as turbinas, transforma a Energia cinética de rotação em energia elétrica, visto que esta está conectada aos denominados de gerador em sua última etapa, e o funcionamento de um gerador utiliza a lei de indução de Faraday, tratada no Apêndice II-3, com exemplo nos sistemas ligados ao aparato experimental.

Além das energias vistas até o momento, que foram a mecânica (constituída de cinética e potenciais), Térmica, e a elétrica (associada ao movimento de cargas elétricas em um campo elétrico), há outros tipos de energia, como a luminosa, que é a luz em forma de energia provinda da oscilação no campo eletromagnético, e a energia química, provinda de reações químicas (RAMALHO, *et al.*, 1976), sendo esta, uma das formas relevantes que a energia pode se manifestar, em que muitas vezes é oriunda de fontes primárias de energia, utilizadas em grande escala atualmente.

Para Kotz e Treichel apud Oliveira e Santos (1998), referem-se à energia potencial química como algo que as substâncias possuem devido às atrações e repulsões entre as partículas subatômicas, em que esses conteúdos energéticos podem vir a ser alterados por meio de reações químicas entre seus átomos, fazendo, liberar ou absorver energia no curso da reação. Partindo desse princípio, Planas (2019) enumera alguns exemplos de energia potencial química, dentre elas, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo ou gás natural) e a biomassa.

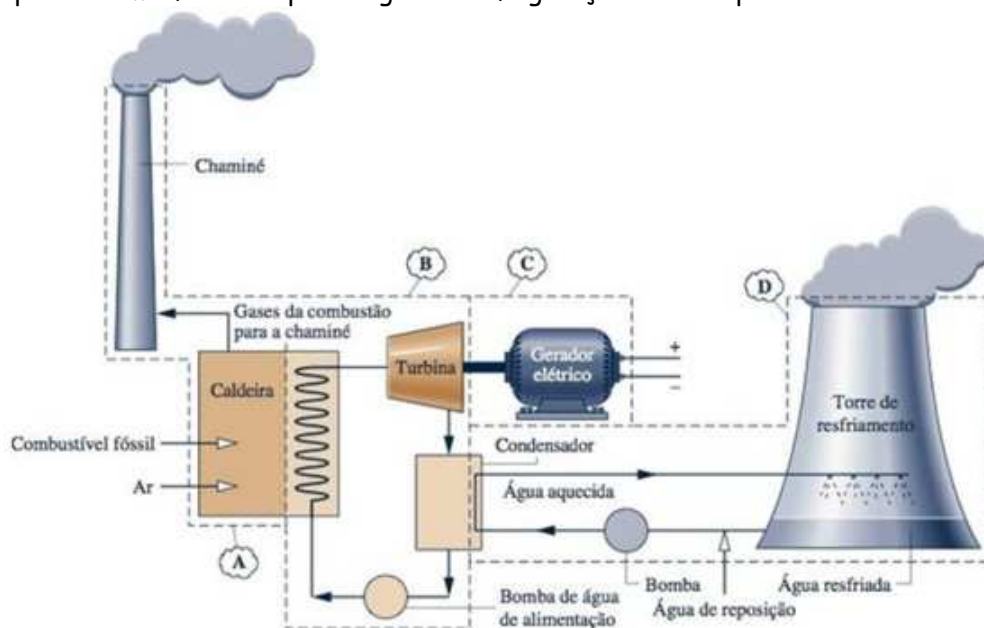
Para Fernandez e Nishida (2007), em Museu Escola do IB, as plantas verdes, as algas verdes e algumas bactérias captam a luz visível e a transformam e energia química mediante a um processo biológico conhecido como fotossíntese, deste modo, tais seres são chamados de autótrofos, pois, produzem seus próprios nutrientes. Ainda os mesmos autores, citam que os demais seres vivos são heterótrofos, pois não conseguem fazer tal processo, dessa forma, capta a energia de outros organismos, em outros termos, a fonte de energia heterótrofos são as biomoléculas que formam as células de organismos vegetais. Dessa forma, é dos alimentos que os organismos extraem nutrientes, processando-os mecânica e quimicamente, disponibilizando então, a energia para tarefas

específicas, como a contração muscular, necessária para pedalar uma bicicleta, por exemplo.

A energia potencial química, por sua vez, é o elemento primário requerido para o funcionamento das usinas termoeletricas ou termelétricas, pois usufruem de uma fonte de energia potencial química e de um ciclo termodinâmico para realizar trabalho.

Moran (2013) explica que a vaporização em usinas movidas a combustível fóssil, biomassa e carvão se dá pela transferência de calor dos gases quentes produzidos na combustão do combustível para a água, Figura 23, a qual passa pelos tubos de uma caldeira, produzindo vapor, onde o qual passa por uma turbina até se expandir em uma pressão mais baixa, desenvolvendo potência, uma vez que sendo transmitido ao eixo da respectiva turbina, que é conectado a um gerador elétrico. Por fim, o vapor que sai da turbina passa pelo condensador, onde se condensa na parte externa dos tubos que conduzem a água de refrigeração.

Figura 23 - Desenho ilustrativo de uma usina termoeletrica e seu funcionamento essa utiliza a potência a vapor acionada por combustível fóssil. **A** - Subsistema com finalidade de fornecer energia necessária para vaporizar o fluido de trabalho. **B** - O vapor expandido oriundo da caldeira passa pela turbina, onde se expande até uma pressão mais baixa. **C** - O subsistema se resume no gerador elétrico. **D** - Circuito de refrigeração: a água de refrigeração é enviada a uma torre de resfriamento, na qual a energia recebida do vapor que se condensa no condensador é rejeitada para a atmosfera e depois a água de refrigeração retorna para o condensador.



Fonte: Moran (2013).

A transformação de energia química em elétrica das termoelétricas ou termelétricas é um assunto em alta atualmente (2022) devido à escassez hídrica, e o seu consumo é cobrada por bandeiras tarifárias diferentes na conta de energia elétrica.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a responsável pela administração da distribuição de energia elétrica, e no segundo semestre de 2020, 58,97% das usinas na ativa são do tipo hidrelétricas e 25,53% termelétricas, o restante de outras fontes. A termelétrica não é o tipo de energia limpa, pois liberam gases poluentes na atmosfera, o processo de transformação de energia é alto quando comparado com outros tipos, e possui dependência de recursos limitados.

Atualmente a maior termoelétrica no Brasil é a Porto de Sergipe I, situada em Barra dos Coqueiros no Sergipe. Gera uma potência de 1,5 GW e foi inaugurada em agosto de 2020.

- **Lei da Conservação de Energia Total**

A energia é um fenômeno da natureza, e sua lei de conservação possui como princípio de que a energia não pode ser criada e nem destruída, mas transformada.

Como vimos, a energia em Física está relacionada ao trabalho realizado sobre um corpo ou pelo corpo, e quem realiza trabalho é uma força atuando em um deslocamento, equação (1), de forma que o trabalho total realizado em determinada situação física é a soma do trabalho de cada força. No caso da mecânica, quando envolve forças dissipativas,

$$W_{dissipativas} + W_{conservativas} = W. \quad (38)$$

Considerando as equações (5) e (15), e que o trabalho das forças dissipativas, menos a variação da energia térmica, pode ser escrito como,

$$-\Delta E_{térmica} - \Delta E_{potencial} = \Delta E_{cinética}, \quad (39)$$

como $\Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_m$, tem-se que,

$$\Delta E_m + \Delta E_{térmica} = \Delta E = 0, \quad (40)$$

assim, nesse sistema isolado a energia total se conserva.

Conforme citado por Halliday *et al.*,

A lei de conservação da energia não é algo que deduzimos a partir de princípios básicos da física, mas se baseia em resultados experimentais.

Os cientistas e engenheiros nunca observaram uma exceção. A energia simplesmente não pode aparecer ou desaparecer magicamente. (HALLIDAY *et al.*, 2010, p. 456)

Para um sistema isolado mais amplo, contendo diversos tipos de trabalhos realizados no sistema, por diversos tipos de forças, incluindo forças dissipativas, conservativas, forças externas e forças internas, pode-se escrever que o trabalho total é dado por,

$$\Delta E_{térmica} + \Delta E_{mecânica} + \Delta E_{internas} = W_T \quad (41)$$

Como o sistema é isolado, o trabalho total é nulo e,

$$\Delta E_{total} = 0. \quad (42)$$

$$E_{totalfinal} = E_{totalinicial}. \quad (43)$$

Que representa a lei conservação de energia total de um sistema isolado.

☆☆☆☆☆

O texto apresentado é para que o docente tenha uma ideia de como fazer a abordagem, podendo utilizar somente as partes que considerar conveniente.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer a dúvida dos alunos;
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.

🚧 **Encontro 04 – Montagem, apresentação, utilização do aparato experimental e coleta de dados.**

- **Organização da turma:** Os alunos ficarão em volta do aparato experimental.
- **Introdução:** No início da aula relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.
- **Desenvolvimento**
 - ✓ Apresentação do aparato experimental, demonstrando todos os seus componentes e a finalidade de cada um;
 - ✓ Utilização do aparato experimental e coleta de dados.

- Realizar a iteração com a turma por meio de um retrospecto das aulas anteriores e assim iniciar o processo de montagem do aparato experimental, ou seja, colocar a bicicleta no

suporte, ligar o calorímetro e seu respectivo agitador nas tomadas 01 e 02, respectivamente, encaixar o plugue do alternador, associar o multímetro em paralelo ao resistor elétrico do calorímetro, colocar o termômetro no calorímetro e, por fim, colocar os plugues de engate rápido na bateria, sendo que deve-se primeiramente colocar o conector do fio vermelho no polo positivo da bateria. Nesse momento é importante que os alunos participem, uma vez que dentro das possibilidades, o Professor já venha realizar a apresentação dos elementos que constituem todo o aparato e a disposição do mesmo.

- Apresentar todo o aparato à turma, uma vez que o mesmo já está todo montado, deixando claro que a finalidade desse conjunto é demonstrar algumas conversões de energia, como também frisar que a participação efetiva deles, seja na utilização ou na coleta de dados, será imprescindível. Uma vez apresentado o aparato experimental, explicar a todos os princípios de funcionamento de cada instrumento que o constitui. É importante deixar um suspense, não revelar a eles todo o processo de conversão que irá ocorrer, pois é interessante que o aluno sinta curiosidade nos fenômenos subsequentes.

Será apresentado o Método 2 citado na Aula 3, por este trabalhar com o gráfico, enriquecendo mais a aula, mas caso não tenha um controle da temperatura no tempo, utilizar o **método 1**, em que se pode seguir o método do simulador “Calorímetro – opção 1, proposto por Vladimir Vascak” apresentado no texto da Aula 3 – referente à Figura 20, obter a capacidade térmica do calorímetro e utilizar o aquecimento da água para medir a potência média dissipada.

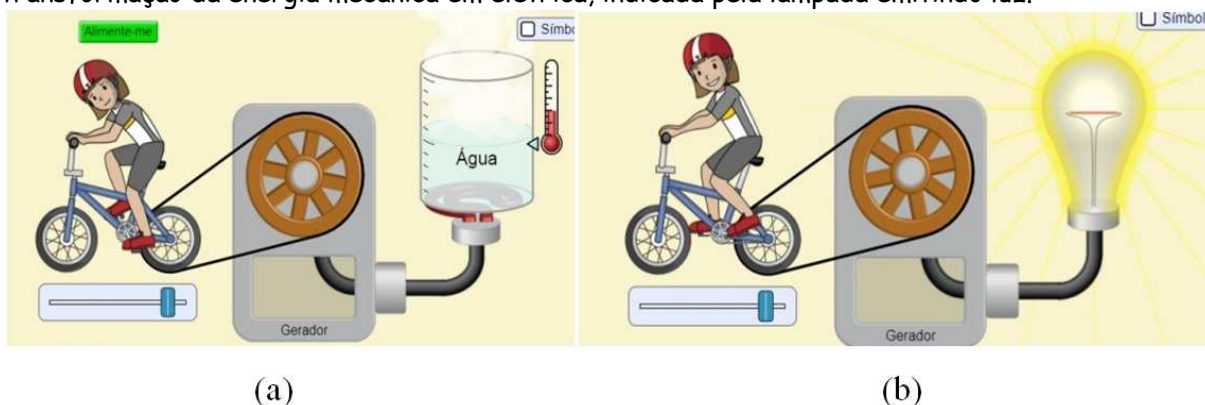
Procedimento experimental - Método 2

1. Com o auxílio de uma balança digital, peça para um aluno (a) medir 200g de água à temperatura ambiente, coloque dentro do calorímetro, tampe e verifique se o resistor elétrico, a haste do termômetro e o agitador ficam imersos na mesma.
2. Ligue o multímetro e coloque-o na função “*V na escala de medição até 20V*”.
3. Peça para um integrante da turma assumir a posição na bicicleta para pedalar, ligue a chave da posição 01 para a posição 02 para “excitar” o alternador e solicite que ele (a) comece a pedalar, sempre estabelecendo uma cadência confortável, e em seguida, coloque a chave na posição 3 para que a energia transformada pelo alternador seja direcionada diretamente para o resistor elétrico. No entanto, para evitar o cansaço físico de um só estudante, organize a turma para que eles se revezem na bicicleta, mas, todas as vezes que

a roda da bicicleta parar de rodar é preciso voltar a chave na posição 02 e trocar para a posição 03 após a retomada do giro da roda da bicicleta.

Neste item deixamos como sugestão o uso do simulador do PhET para explicar, antes de realizar o experimento, a transformação de energia química (da alimentação de quem irá pedalar) em energia mecânica, o garoto pedalando gira a polia acoplada ao gerador gerando energia elétrica que se transforma em térmica por efeito Joule (aparece a temperatura da água aumentando) (Figura 24 (a)). Após algum tempo pedalando aparece a mensagem "alimente-me" e o garoto para de pedalar. Na Figura 23 (b) mostra que se trocar o recipiente de água por uma lâmpada, a lâmpada acende e conforme se pedala a intensidade da luz aumenta. O simulador está disponível no site: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html, em Sistemas.

Figura 23 - Cópia de tela do simulador do PhET - Formas de Energia e Transformações - no item sistemas. (a) Com um recipiente com água, mostrando a transformação de energia química em mecânica, dessa para elétrica e por fim para térmica. Em (b) para comprovar a parte da transformação da energia mecânica em elétrica, indicada pela lâmpada emitindo luz.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html.

No simulador, tanto na situação apresentada em (a) e (b), é necessário alimentar o ciclista. Em (a) o processo de transformação de energia química (provida dos alimentos) em energia mecânica (ato de pedalar), dessa em energia elétrica no gerador e deste a energia térmica aquecendo a água, o mesmo processo do experimento do

presente trabalho.

4. Com auxílio dos alunos, acompanhar os valores da tensão no multímetro, sendo que ele oferecerá um valor estável quando a roda da bicicleta girar em uma velocidade constante, uma vez que esse fator irá depender que o aluno estabeleça um ritmo confortável e constante ao pedalar. Com o término do experimento, deverá estipular um valor médio para a tensão, uma vez que a mesma sofre varrições constantes.

5. Ligue e mantenha o agitador ligado. Colete os dados do tempo a partir dos 30°C a cada 2°C, faça tal procedimento até que a temperatura chegar à temperatura desejada. Para o presente trabalho, estipulou-se 60°C, pois não oferece um risco muito alto à integridade dos estudantes, bem como o intervalo de tempo para alcançá-la está condizente com o tempo da aula.

Após a utilização do Aparato Experimental, com o valor da tensão elétrica (caso não tenha se mantido constante, adote um valor médio do tempo da experimentação e das temperaturas inicial e final da água) realizar um diálogo com a classe, discutindo e fazendo-os entender toda a ideia de funcionamento do mecanismo, levando os alunos a perceberem que a energia química oriunda dos alimentos será convertida em calor e em energia cinética da roda da bicicleta, sendo que essa energia da roda venha se transforme em energia elétrica e por fim em calor. Ou seja, que o alimento do café da manhã ingerido por eles, indiretamente aqueceu uma determinada quantidade de água.

Sugestão adicional: com água aquecida, retire o calorímetro e marque o tempo de decaimento da temperatura a cada dois graus Celsius – taxa de decaimento de Newton. Exemplo sobre esse assunto está no Apêndice III.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.

Encontro 05 - Análise quantitativa e discussão dos dados coletados experimentalmente

- **Organização da turma:** em grupos de 3 alunos ou em semicírculo voltados para o quadro.

➤ **Introdução:** No início da aula lembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.

➤ **Desenvolvimento:**

✓ Discussão dos resultados quantitativos obtidos no Encontro 04.

Análise quantitativa dos dados coletados e o uso dos mesmos para determinação da quantidade de energia elétrica e térmica envolvidas. Supondo que a tensão tenha sido de $U = 14,07 V$, e resistência $6,7\Omega$

Explorando separadamente o conceito de potencia dissipada. Utilizando a equação (36), a potência dissipada $P = U^2/R$

$$P = \frac{(14,07)^2}{(6,7)} J/s = 29,547 W.$$

A energia consumida (equação (40)) pelo resistor para aquecer 200 mL de água em 840s:

$$W = P\Delta t = \left(29,547 \frac{J}{s}\right) (840s) = 24.819,48J = 25kJ.$$

A quantidade de energia absorvida pela água:

$$Q_{abs} = mc\Delta T = 200(4,186)(50 - 29,9) = 17kJ$$

Dando 4% de diferença. Esses 4% se referem à energia dissipada para o ambiente, visto que o calorímetro não era isolado termicamente na tampa, energia absorvida pelo calorímetro, entre outros.

Capacidade Térmica do Calorímetro

Método 1 – Caso se realize este método, é necessário esperar a água entrar em equilíbrio térmico com a quantidade de água a temperatura maior, calcular o tempo necessário para o mesmo e enquanto aguardar pode mostrar a equação e os cálculos a serem realizados. As equações são 32(a) e (b) desse PE, a saber:

$$Q_{cede} = Q_{recebe}$$
$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i).$$

Em que, m_A é a massa da água aquecida, $c_A = 4,186 \frac{J}{g^\circ C}$ o calor específico da água, T_A temperatura aquecida inicial, T_f temperatura de equilíbrio térmico; T_i temperatura inicial da massa de água m e calor específico $c = 4,186 J/g^\circ C$, e C a capacidade térmica do calorímetro.

Método 2 – Via taxa de variação da temperatura pelo tempo.

Análise dos dados por meio da taxa de variação da temperatura em relação ao tempo k , para obter a capacidade térmica do calorímetro por meio da equação:

$$C = \frac{U^2}{Rk} - mc$$

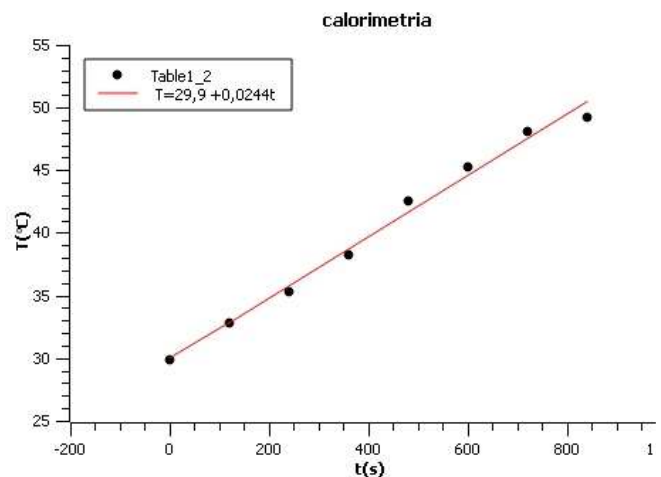
A relação do tempo pela variação de temperatura nesse processo é demonstrada tanto na Tabela 1, como no gráfico da Figura 24, confeccionado com o software de uso livre SciDAVIS (acrônimo de *Scientific Data Analysis and Visualization* – Análise e Visualização de dados científicos), disponível para baixar em: <https://sourceforge.net/projects/scidavis/>. Sendo $k = 0,0244 \text{ } ^\circ\text{C/s}$, o coeficiente angular. E, o valor de $29,9^\circ\text{C}$ o coeficiente linear, que é a temperatura inicial em que começou a marcar o tempo, ou seja em $0,00 \text{ s}$.

Tabela 1 - Tabela dos valores da temperatura com o passar do tempo para 200g de água, com o aparato experimental ligado.

T (°C)	t (s)
29,9	0
32,8	120
35,3	240
38,3	360
42,5	480
45,3	600
48,1	720
49,2	840

Fonte: o autor

Figura 24 – Gráfico da temperatura $T(^\circ\text{C})$ versus tempo $t(\text{s})$ confeccionado com o *software* SciDAVIS, com os dados da Tabela 1.



Obtendo o valor da capacidade térmica do calorímetro, utilizando a equação (39),

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{Rk} - m_{\text{água}} c_{\text{água}}$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 (4,186)$$

$$i = 2,1 \text{ A} \Rightarrow U = Ri = (6,7)(2,1) = 14,07 \text{ V}$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{(14,07)^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 (4,186)$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{373,62 \text{ J}}{^\circ\text{C}}$$

Analisar e comparar os resultados da quantidade de energia elétrica e da quantidade de calor, explorando o Princípio da Conservação da Energia. Nesse momento, espera-se que o resultado da quantidade de calor absorvida seja menor do que a quantidade de energia elétrica, assim, juntamente com os alunos, formar hipóteses para a dissipação dessa energia ao longo do processo.

Sugestão: de posse da capacidade térmica do calorímetro, conhecido este, obter calor específico de um óleo vegetal, como o de soja, visto que a região agrícola no Paraná há grandes plantações de soja e usinas de refinamento de óleo de soja, como apresentado no texto do manual de laboratório, elaborado por MUKAI e FERNANDES (2018) e realizado na disciplina de Física Experimental II no Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas.

🚩 Encontro 06 e 07 – Aplicação do Questionário Avaliativo e Complementar

- **Duração:** 1 aula de 50 minutos
- **Organização da turma:** padrão
- **Introdução:** No início da aula lembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade na aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**
 - ✓ Aplicação do questionário avaliativo, Quadro 2, realizado por meio do mesmo questionário objetivo com 10 questões, o mesmo utilizado anteriormente, sobre o tema energia, dentro dos princípios da mecânica clássica;
 - ✓ Após analisar o trabalho, preparou-se outro questionário, Quadro 6, que contém uma interpretação de uma notícia relacionada ao assunto de Energia no início, as demais questões foram iguais. Esse questionário foi proposto para verificar se ocorreu um indicativo de aprendizagem significativa e aplicado em uma aula complementar.

As Questões de 1) a 3) e 6) são novas e as demais são iguais as já comentadas no Questionário Diagnóstico (Quadro 2).

Quadro 6 – Questões do questionário avaliativo complementar

NOME: _____

IDADE: _____

Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios.

Leia o seguinte trecho da reportagem da Revista Exame, do dia 28/05/2022: *"Há algumas semanas uma crise no abastecimento dos reservatórios de hidrelétricas no Brasil tem acendido alertas de risco energético para este ano. O país, que tem pressão crescente no setor de geração elétrica, terminou o período chuvoso em abril com os menores níveis dos reservatórios da região Sudeste/Centro-Oeste, a principal em termos de geração hidráulica de energia, para o mês desde 2015, quando o país também enfrentou crise hídrica severa. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai. Diante do risco, o governo, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) autorizou que sejam utilizados todos os recursos disponíveis de geração de energia, sem importar quanto isso custará para o consumidor no início de maio. A definição envolve o acionamento de todas as usinas térmicas e importação de energia da Argentina ou do Uruguai."* Disponível em: <<https://exame.com/economia/crise-no-setor-eletrico-brasil-corre-risco-de-falta-de-energia/>>. Acesso em: 31 mai. 2021.

1) De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

- a) as chuvas são fontes diretas de energia elétrica.
- b) quando devidamente armazenadas as águas das chuvas, contém energia elétrica.
- c) os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial elétrica.
- d) os reservatórios hídricos, são fontes de energia potencial gravitacional.
- e) os reservatórios hídricos, são fontes de energia cinética.

2) De acordo com o trecho do texto " Vai faltar energia? Entenda os riscos do baixo nível dos reservatórios" e dos conceitos aprendidos sobre energia, pode-se afirmar que:

- a) as termelétricas extraem a eletricidade estática dos combustíveis.
- b) os combustíveis utilizados nas termelétricas possuem energia elétrica armazenada.
- c) os combustíveis são fontes de energia potencial química.
- d) os combustíveis são fontes de energia potencial gravitacional.
- e) os combustíveis são fontes de energia cinética.

3) Sobre o Lei da conservação da energia em um sistema, assinale a alternativa correta, aprendidos com o uso da bicicleta na sala de aula, pode se afirmar que:

- a) Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas.
- b) Em um sistema isolado a energia total não pode ser conservada, devido as forças resistivas existentes.
- c) A energia total se conserva somente em um sistema ideal, em um sistema real, isso jamais ocorre.
- d) Em um sistema isolado a energia total se conserva somente em algumas transformações ocorridas.
- e) Em um sistema isolado a energia total nunca se conserva.

4) Alguns animais domésticos, como os gatos, são bons em acumular energia potencial gravitacional sobre os guarda-roupas: subindo neles. Dessa forma, a energia potencial gravitacional armazenada por um gato de 2kg que se encontra deitado sobre um guarda-roupas de 2m de altura em relação ao solo, é de: Adote $g=10\text{m/s}^2$.

- a) 10 joules
- b) 20 joules
- c) 30 joules
- d) 40joules
- e) 50joules

5) Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em energia de movimento. Assinale a alternativa correta que demonstra a conversão de energia realizada pelo motor elétrico.

- a) *energia elétrica em energia térmica.*
- b) *energia elétrica em energia cinética.*
- c) *energia potencial química em energia elétrica.*
- d) *energia elétrica em energia potencial gravitacional.*
- e) *energia elétrica em energia potencial elástica*

6) Usinas termelétricas produzem energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível e gás natural em uma caldeira, ou pela fissão de material radioativo (como o urânio). Assinale a alternativa correta que demonstra as conversões de energia realizadas por uma usina termelétrica:

- a) *energia potencial química - energia térmica - energia elétrica*
- b) *energia potencial química - energia térmica - energia cinética- energia elétrica*
- c) *energia potencial química - energia elétrica*
- d) *energia térmica - energia elétrica*
- e) *energia potencial química - energia térmica*

7) Um recipiente contém 200g de água inicialmente à temperatura de 20°C. Depois de algum tempo a temperatura da água sobe para 40°C. Sabendo que o calor específico da água é 1,0 cal/g°C, a quantidade de calor ganho pela água nesse intervalo de tempo é de:

- a) *4000 calorias*
- b) *6000 calorias*
- c) *10 000 calorias*
- d) *10 calorias*
- e) *impossível determinar*

8) É impossível listar todas as transformações de energia existentes. Isso acontece porque toda energia que conhecemos é transformada de alguma forma. Dessa forma, em última instância, pode-se dizer que toda a energia do universo é conservada. Em seguida, apresentaremos algumas transformações energéticas comuns no nosso dia a dia. A transformação de energia é um conceito muito comum nas Ciências da Natureza. Esse fato da energia ser transformada possibilita a existência de diversas coisas do nosso cotidiano. Desde o carro, que transforma a _____ da combustão da gasolina em _____, até uma lâmpada incandescente, que transforma a _____ em energia _____ e _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto acima:

- a) *energia potencial química - energia potencial elástica - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica*
- b) *energia potencial elástica - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica*
- c) *energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia eólica*
- d) *energia potencial química - energia cinética - energia térmica- energia luminosa - energia elétrica*
- e) *energia potencial química - energia cinética - energia elétrica- energia luminosa - energia térmica*

9) O resistor elétrico, ou como é comumente chamado, a resistência de um chuveiro elétrico é um componente cuja função é de limitar a corrente elétrica em um determinado ponto do circuito, uma vez que:

- a) *converte a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- b) *converte energia mecânica em energia térmica por meio do efeito Joule.*
- c) *produz energia térmica por meio do efeito joule.*
- d) *converte energia elétrica em potencial térmica.*
- e) *converte a energia elétrica em choque elétrico.*

10) Normalmente não pensamos de onde vem a energia elétrica, será que ela é realmente produzida pelas usinas e nas pilhas ou baterias? Assinale a alternativa que responda ao questionamento descrito acima.

a) *sim, as usinas e baterias são capazes de produzir a energia elétrica.*

b) *as baterias e pilhas produzem energia elétrica e as usinas têm apenas a capacidade de convertê-la.*

c) *na verdade só as baterias ou pilhas só conseguem converter outro tipo de energia em energia elétrica.*

d) *Não, tanto as usinas, como as pilhas e baterias, convertem outro tipo de energia em energia elétrica.*

e) *Não se sabe ao certo de onde vem a energia elétrica.*

Fonte: o autor.

O gabarito das questões apresentadas no Quadro 6, é o apresentado no Quadro 7.

Comentário sobre as questões que não fazem parte do avaliativo, que foi igual ao questionário diagnóstico, estão apresentadas no texto do Encontro 1.

Quadro 7 – Gabarito do questionário avaliativo complementar.

Questão	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Alternativa correta	D	C	A	D	B	B	A	E	A	D

Fonte: o autor.

Sugestão de aplicação dos questionários, diagnóstico e avaliativo, é ser realizado pelo google formulários, ou Kahoot®(<https://kahoot.com/>), em que o resultado de acertos ou não é fornecido logo após o aluno responder.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer as dúvidas dos alunos.
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas e respostas do questionário avaliativo.

Finalização da sequência didática

Para avaliar o que os alunos aprenderam, corrigir o Questionário e analisar as principais dúvidas e dificuldades levantadas por eles nas dinâmicas. Além de dar e receber um retorno aos e dos alunos sobre o desempenho e dialogar sobre a aplicação do PE.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Produto Educacional foi desenvolvido no âmbito do trabalho de dissertação de mestrado do programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do polo da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Paraná, e aplicado aos alunos do primeiro ano do ensino médio, de forma que a abordagem foi focada nas Energias Cinética, Potencial gravitacional e elástica para relacionar trabalho e energia. Posteriormente selecionou-se a parte do eletromagnetismo relacionada à potência dissipada e energia elétrica, por fim, na termodinâmica, o conceito de calor e equilíbrio térmico.

As demais partes foram explicadas no aparato experimental “Bicicleta Dinâmica”, em relação às transformações de energia: química em mecânica e dessa em energia elétrica e por fim em energia térmica. Posteriormente, ao analisar o sistema, foi reelaborado para obter quantitativamente a capacidade térmica do calorímetro usando água como substância por meio da taxa da variação da temperatura no tempo. Sendo o ponto chave do respectivo trabalho desenvolver relações entre a pesquisa científica, a realidade dos estudantes do Ensino Médio e a prática docente.

Propostas como esta, fazem surgir práticas que possibilitam repensar e refletir a forma de ensinar do Professor, uma vez que este trabalho traz, além dos conceitos específicos da componente curricular Física, utiliza também as teorias de aprendizagem, estruturação de como aplicar e metodologias diversas para a aplicação. Demonstrando o quanto é essencial, para que o conhecimento seja adquirido de forma efetiva, criar uma ponte entre os conteúdos elencados e a forma estruturada de ensinar.

A utilização da teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que tem como princípio a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, uso de organizadores prévios e conduzir o aprendizado de forma que não seja mecânico, juntamente com as propostas apresentadas nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica da componente curricular Física, possibilita que a aplicação da proposta sequência didática seja bem estruturada, conforme diretriz de Antoni Zabala (Zabala, 1998), e que se tenha o sucesso desejado.

Uma vez que se deseja replicar o presente trabalho, julga-se que os conceitos relacionados à Energia e suas formas, nos princípios da Mecânica, trabalhados de acordo com a proposta da Aprendizagem Significativa, trará a possibilidade de discussões mais profundas,

indo além do que normalmente os livros didáticos ou orientações metodológicas trazem, ou seja, irá ultrapassar as barreiras das Energias Cinética, Potencial Gravitacional e Elástica, como contido nos textos sugeridos em cada aula e, caso queiram avançar um pouco mais, há os contidos no Apêndice II.

Enfim, acredita-se que o presente trabalho possa ser utilizado como uma base de pesquisa para a prática docente, que seja sempre estruturado aos interesses dos alunos e que venha promover novos debates críticos e construtivos, melhorando o processo de ensino-aprendizagem. Por fim, deseja-se que ele venha a ser uma motivação para aquelas novas práticas, cujo objetivo principal é buscar o aumento da potencialidade do ensinar e do aprender.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BUCUSSI, A. A., TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA-IF-UFRGS : Introdução ao Conceito de Energia –v.17 n.2, 2006. Instituto de Física Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

FERNANDEZ, M. R.; NISHIDA, S. M. [2007?] **Interação entre os seres vivos: Fonte e fluxo de energia no planeta**. Escola Museu do IB - UNESP. Disponível em: <https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/1_interacao/Museu1_interacao_energia.htm>. Acesso em: 22 jan. 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Volume 1. 8ª ed. Editora: LTC, 2008.

_____, **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 8ª ed. Editora: LTC, 2008.

_____, **Fundamentos da Física: Mecânica**, Volume 1. 10ª ed. Editora: LTC, 2016.

HAZEN, R.M; TREFIL, J. **Saber Ciência**. 2ª ed. São Paulo: Editora de Cultura , 2005

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**. 1ªed. São Paulo: Artmed, 2009.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo**. V.2. 1ª ed. Editora UEPG 2002.

MORAN, M. J., SHAPIRO, H. N. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 7ª Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2013.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 1982.

MOREIRA, M. A., **Teorias de Aprendizagem**, Editora Pedagógica e Universitária Ltda (EPU), São Paulo, 1999.

MUKAI, H. e FERNANDES, P. R. G., **Manual de Laboratório de Física Experimental II**, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2018. Disponível em: <http://site.dfi.uem.br/downloads-apostilas/>. Acesso: 23/01/2021.

NASCIMENTO, F. S. *et al.*, **Estudo de viabilidade de desenvolvimento de um gerador eólico a partir de componentes de mercado**. UFPR. Curitiba. 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9864/2/CT_COEAU_2013_2_02.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 2002.

_____. **Curso de Física Básica 2: Fluidos Oscilações e Ondas Calor**. 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 2002.

_____. **Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD, 1997.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M.; A energia e a Química: **Química Nova Escola**, n. 8, p. 19-22, nov. 1998. Disponível em:<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/conceito>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

PLANAS, O. O que é energia química. **Energia Solar**, 2019. Disponível em:<<https://pt.solar-energia.net/termodinamica/termodinamica-quimica/energia-quimica>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

RAMALHO, F. Jr.; F., G. NICOLAU; Soares, de TOLEDO P. A., **Os fundamentos da física Vol. 1. Mecânica**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

_____, **Os fundamentos da física Vol. 2. Termologia, Geometria da Luz e Ondas**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

_____, **Os fundamentos da física Vol. 3. Eletricidade**, 6ª edição, Editora Moderna, SP, 1993.

ROCHA, J. F. (Org.); PONCZEK, R. I. L.; PINHO, S.T. R; ANDRADE, R. F. S; JÚNIOR, O. F.; FILHO; A.R. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

SACRISTÁN, G.; GOMES, P. **Compreender e transformar o ensino**. 4ª ed. São Paulo: Artmed, 1998;

SALVADOR, C. C.; ALEMANY, I.; MARTÍ, E.; MAJÓS, T.; MESTRES, M.; GOÑI, J.; GALLART, I.; GIMÉNEZ, E. **Psicologia do Ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SASSO, M. F., “**Bicicleta dinâmica**” – **uma sequência didática para trabalhar transformações de energia**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2022. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php> .

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes Curriculares da Educação Básica –Física. Curitiba: 2009.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física: Mecânica, Oscilações e ondas, Termodinâmica**. .V. 1. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física: Mecânica, Oscilações e ondas, Termodinâmica**. V. 2. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006.

WIKIPEDIA, 2020 – **Usina Hidrelétrica de Rosana**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Usina_Hidrel%C3%A9trica_de_Rosana&oldid=59532339>. Acesso: 15/12/2020.

YOUNG, Hugh D. **Física I/Young e Freedman**; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moysés Luiz. -12ª ed. – São Paulo: Addison Wesley, 2008.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed,2014.

ZABALA, A. **A Prática Educativa – Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

O QUE É UM ALTERNADOR AUTOMOTIVO?**Indústria Hoje**, 2021.Disponível em: <<https://industria hoje.com.br/o-que-e-um-alternador-automotivo>>. Acesso em: 14/03/2021

APÊNDICE I - Investimento no Aparato Experimental

No respectivo apêndice estão representados em uma tabela, atualizada dia 12/05/2021, os materiais que foram utilizados na construção do Aparato Experimental, com também, o valor unitário de cada um e as possibilidades de substituições, as quais não causariam prejuízos aos resultados esperados.

Tabela I.1 - Tabela demonstrando os todos os materiais que compõe todo o aparato experimental, seguido do valor unitário de cada um, como também, sugestões para uma possível substituição.

Material Utilizado	Valor Aproximado	Outras Possibilidades/Sugestões
(1) bicicleta aro 26 -18marchas	R\$ 550,00	Emprestar alguma, uma vez que a mesma não sofre adaptações, ou então, utilizar uma outra com dimensão de aro ou número de marchas diferentes. Lembrando se diminuir o tamanho do aro da bicicleta é importante aumentar a dimensão da polia do alternador.
(1) polia dentada 123,4mm, feito usinagem	R\$ 200,00	Polia do Comando do Motor Ap1.6, com diâmetro de 132,06mm, feito usinagem.
(1) Estrutura metálica	R\$ 700,00	Construir uma estrutura com dimensões diferentes. Pode realizar um novo projeto, diminuindo a quantidade de material disponível, porém, mantendo toda resistência do projeto inicial.
(1) alternador automotivo 30Ah (usado)	R\$ 350,00	Utilizar um novo ou outro com especificações técnicas diferentes. Caso seja algum com uma amperagem maior, aquecerá a água mais rapidamente.
(1) bateria automotiva 12v	R\$ 280,00	Utilizar de motocicleta, considerando que tenha a mesma ddp.
(1) chave de luz universal com 3 posições	R\$ 30,00	Utilizar chave de alavanca de três posições (OFF, ON1 e ON2).
(2) tomada residencial	R\$ 9,00 valor unitário	Utilizar plug – fêmea 3P
(1) lâmpada 12V - 2W	R\$ 12,00	Não é possível substituir
(0,4m) de fio de cobre - 4mm	R\$2,50 valor de 1m	Utilizar fios de 2,5mm, pois, uma fiação com espessura menor, não irá prejudicar os resultados finais.
(4,5m) de fio de cobre - 6mm	R\$3,50 valor de 1m	Utilizar fios de 4mm, devido que, uma fiação com espessura menor, não irá prejudicar os resultados finais.
(0,3m) de fio duplo – 1,5mm	R\$3,50	Substituir por cabo paralelo para alto falante

		2x,03mm – bicolor, uma vez que, não afetará o funcionamento do micromotor.
(1) par de terminal de engate rápido para bateria	R\$ 55,00	Substituir por Terminal de Bateria - Modelo Sapinho, pois, tem um custo menor. Porém, deverá utilizar uma chave compatível para fixa-lo.
(1) porta latas térmico de alumínio com tampa	R\$ 25,00	Usar um calorímetro, o qual, possivelmente ser encontrado em um laboratório de ciências da Escola
(1) resistor elétrico(“resistência”) para chuveiro 127V	R\$ 13,00	Utilizar uma com ddp de 12V. Irá aumentar a eficiência do aquecimento.
(1) termômetro digital, tipo vareta	R\$ 80,00	Utilizar um termômetro para produtos alimentares.
(1) multímetro	R\$ 40,00	Utilizar um voltímetro, uma vez que, no aparato experimental só se verifica-se a ddp.
(1) Plugue Bipolar(3Pinos + terra) macho - 10A	R\$ 8,00	Utilizar conjunto Industrial Tomada + Plug Steck 3p+t, o que vai oferecer maior segurança ao circuito elétrico.
(1) micro motor DC – 12V - 3500 Rpm;	R\$ 20,00	Não colocar, homogeneizar a água manualmente, nos mesmos intervalos de tempo.
(1) interruptor liga/desliga tipo gangorra – 10A	R\$ 3,50	Utilizar chave de alavanca de duas posições (OFF e ON)

Fonte: o autor.

APÊNDICE II – Textos complementares

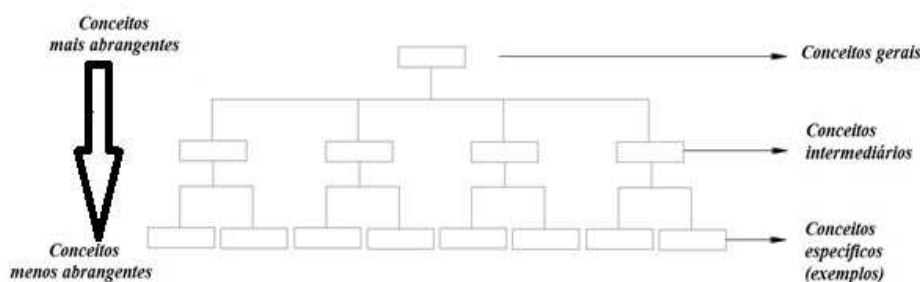
Apresentam-se neste apêndice um texto auxiliar sobre mapas conceituais, uma seção Energia potencial elástica e sua relação com o trabalho realizado por um bloco para se deslocar entre duas posições, seguida de uma seção sobre a Lei da indução eletromagnética aplicada no sistema experimental, explicando o motivo da escolha do alternador automotivo.

II-1 – Mapas Conceituais

Em 1972, Joseph Novak desenvolveu dentro do programa de pesquisa, na Universidade de Cornell, ferramentas gráficas que denominou de Mapas Conceituais. (NOVAK e CANÃS, 2010). É muito utilizada como uma metodologia para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem por docentes para que os alunos consigam visualizar os conceitos envolvidos em um determinado assunto, bem como uma forma de avaliar os conhecimentos dos alunos, entre outras funções.

Os *mapas conceituais* são diagramas hierárquicos (Figura II.1), indicando a relação entre conceitos, que procura refletir a organização conceitual de uma componente curricular ou parte dela. (MOREIRA e MASINI, 1982).

Figura II.1 - Modelo de um mapa conceitual, apresentando a hierarquização.



Fonte: Sasso, 2022.

Os Mapas Conceituais foram desenvolvidos no contexto da TAS de Ausubel, conforme citado por da Silva *et al.* (2017),

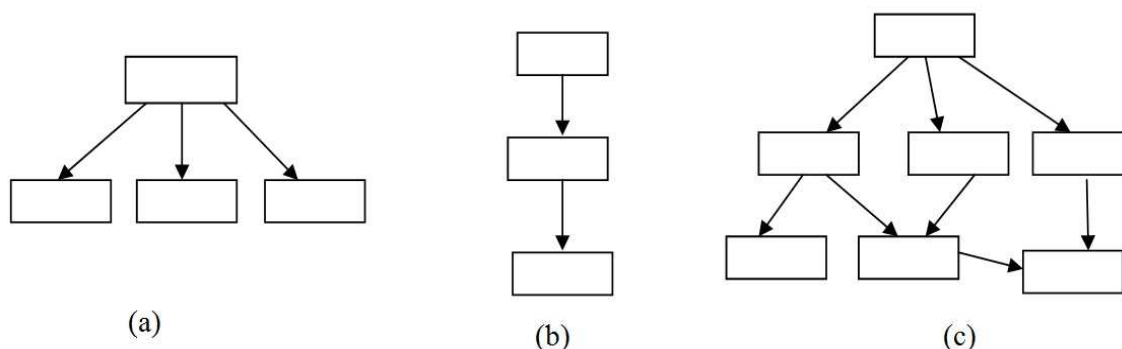
A teoria de Ausubel oferece, portanto, diretrizes, princípios e uma estratégia de facilitadores da aprendizagem e como colocá-las em prática, desenvolvida principalmente por Novak. Novak desenvolveu os mapas conceituais que são uma técnica que, como sugere o próprio nome, enfatiza conceitos e relações entre conceitos à luz dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os mapas conceituais podem ser usados como recurso didático, de

avaliação e de análise de currículo, como também como instrumento de metacognição, para aprender a aprender. (DA SILVA *et al.*, 2017, p. 22699)

Segundo Paulo Correia, professor da USP que lidera um grupo sobre mapas conceituais, relata que esses além de serem hierárquicos, os conceitos devem estar ligados por termos de ligações. Sua estrutura também expressa a compreensão sobre determinado assunto. Em seu vídeo disponível em: <<https://pt.coursera.org/lecture/mapas-conceituais/como-fazer-a-analise-do-conteudo-de-um-mapa-conceitual-y8lXU>>, ele classifica em 3 estruturas, na seguinte ordem, radial, linear e ramificada, conforme ilustrado na Figura II.2.

Na Figura II.2 (a), a radial tem um ponto de partida para todos os demais conceitos, seguida pela linear (b) que é como redigimos frases e textos, possui começo meio e fim, e o mais complexo, a ramificada, como o próprio nome informa, os conceitos são interligados. Ele também informa que nesse último formato o número de ramificação que sai de um determinado conceito para outros conceitos aumenta o grau de conhecimento. Bem como o inverso, várias ramificações fechando em um único conceito, pois dá a ideia de um fechamento de um raciocínio, ou seja, sinalizam a reconciliação dos conceitos espalhados pelo mapa.

Figura II.2 - Ilustração de que as estruturas indicam o aumento do conhecimento conceitual de quem o realiza: (a) Radial < (b) Linear < (c) Ramificada. Em cada seta de ligação deve conter uma preposição.



Fonte: adaptado de <https://pt.coursera.org/lecture/mapas-conceituais/como-fazer-a-analise-do-conteudo-de-um-mapa-conceitual-y8lXU>

Segundo CORREIA *et al.* (2016), ao elaborar ou analisar um mapa, este deve contemplar:

- 1) Ter uma pergunta focal;
- 2) Os termos devem estar relacionados por termos de ligações;
- 3) O formato da estrutura (Figura 2.2) indica o grau de conhecimento de quem o faz;

- 4) Sempre ler o mapa para detectar possíveis erros conceituais, fuga da pergunta focal e se a forma estrutural está correta.

Para Salvador *et al.* (2000), essas representações hierárquicas em forma de mapas conceituais podem ser usadas, entre outras coisas, para contrastar os conhecimentos em dois momentos distintos do processo de aprendizagem, explorar os conhecimentos prévios dos alunos, representar uma rota ou trajetória do processo de ensino e de aprendizagem e extrair o significado de um trabalho de campo ou um material escrito.

Posteriormente, apresenta-se de onde surge a definição da energia potencial elástica, ilustrando que o trabalho realizado por um corpo sob a atuação de uma força constante é dada pela área do gráfico da força versus deslocamento.

II-2 - Energia Potencial Elástica (E_{el})

De acordo com a Figura II-3 (a), tem-se a representação de uma mola, sendo que na Posição A a mesma se encontra na posição de equilíbrio, até a Posição B, sendo alongada por uma força $\vec{F} = \vec{P}$ (o bloco realizando trabalho sobre a mola). Ao atingir a posição B, atua uma força elástica obedecendo a Lei de Hooke,

$$F = -k\Delta y . \quad (II.1)$$

considerando $\Delta y = |y_B - y_A|$ a deformação sofrida pela mola ao retornar a posição de equilíbrio e k a constante elástica da mola que depende do material da mola, da espessura do fio e da espira. O trabalho é dado pela área abaixo da curva de um gráfico da força versus o deslocamento, tem-se que o trabalho realizado pela força elástica para o bloco retornar à posição de equilíbrio é dado pela área A do gráfico, apresentado na Figura II-3(b).

De acordo com a Figura II-3 (b), tem-se que: $W \cong A$, no caso a área é dada por:

$$A = \frac{(-ky)(0 - y)}{2}$$

Assim:

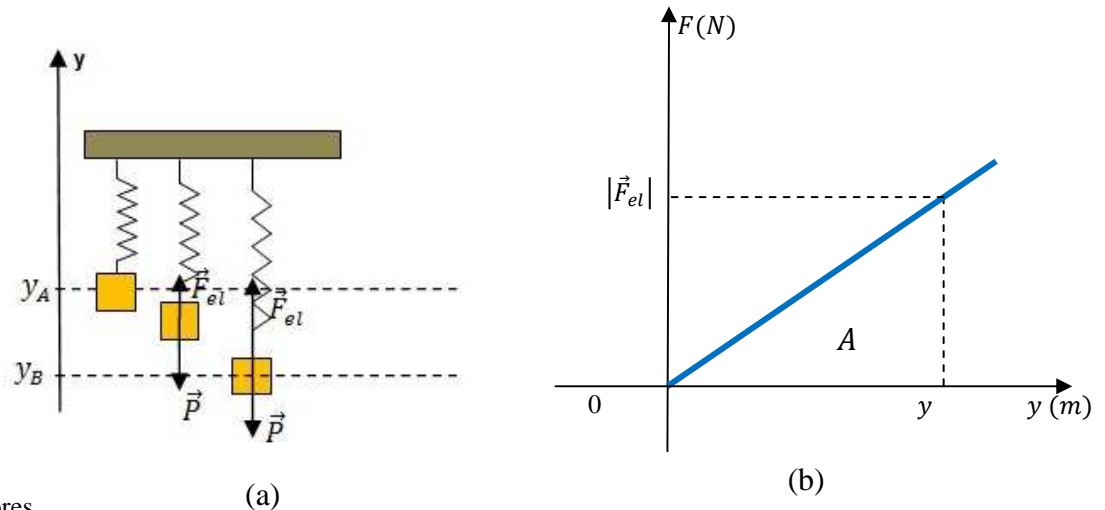
$$W = -\Delta E_{Pel} = +\frac{k}{2}y^2 . \quad (II - 2)$$

A quantidade $\frac{ky^2}{2}$ na Eq. II-2 é denominada de energia potencial elástica

$$E_{Pel} = \frac{ky^2}{2} . \quad (II - 3)$$

Sendo essa a energia acumulada na mola no ponto B, que realiza o trabalho para levar o bloco de volta à sua posição de equilíbrio.

Figura II-3 - Esboço do gráfico da força versus deslocamento sofrida por uma mola acoplada a um bloco (Figura17 (b)) a partir da sua posição de equilíbrio, que obedece a Lei de Hooke. A área A equivale ao trabalho realizado pela mola sobre o corpo para retornar posição de equilíbrio. As duas formas são equivalentes.



Fonte: os autores

De uma forma geral, o trabalho realizado pela força elástica para o bloco ir do ponto A até o ponto B será negativo, pois a força elástica e o deslocamento são antiparalelos, formando um ângulo de 180° , e será dado por:

$$W_{AB} = -\frac{ky^2}{2}.$$

O trabalho total para o movimento de oscilação da mola sair do ponto de equilíbrio e retornar é nulo, de forma que a força elástica é uma força conservativa.

II-3 - Lei da indução Eletromagnética aplicada no aparato Experimental

A lei de indução eletromagnética surgiu das observações experimentais realizadas por Michel Faraday quando ele aproximava um ímã de uma bobina, nela era detectada uma corrente elétrica. Pesquisa essa com início no ano de 1821, após o experimento de Oersted, de que um campo elétrico gera um campo magnético, e somente no ano de 1831 ele observou que uma corrente elétrica gerada em uma espira induzia uma corrente elétrica em outra espira.

Ao movimentar o ímã em um processo de vai e vem, gera-se um fluxo de campo magnético, que gera uma força eletromotriz de intensidade ε . Heinrich Lenz em 1833 percebeu que o fluxo (ϕ_M) se inverte dependendo do sentido do movimento do ímã e sugeriu um sinal negativo na equação da força eletromotriz

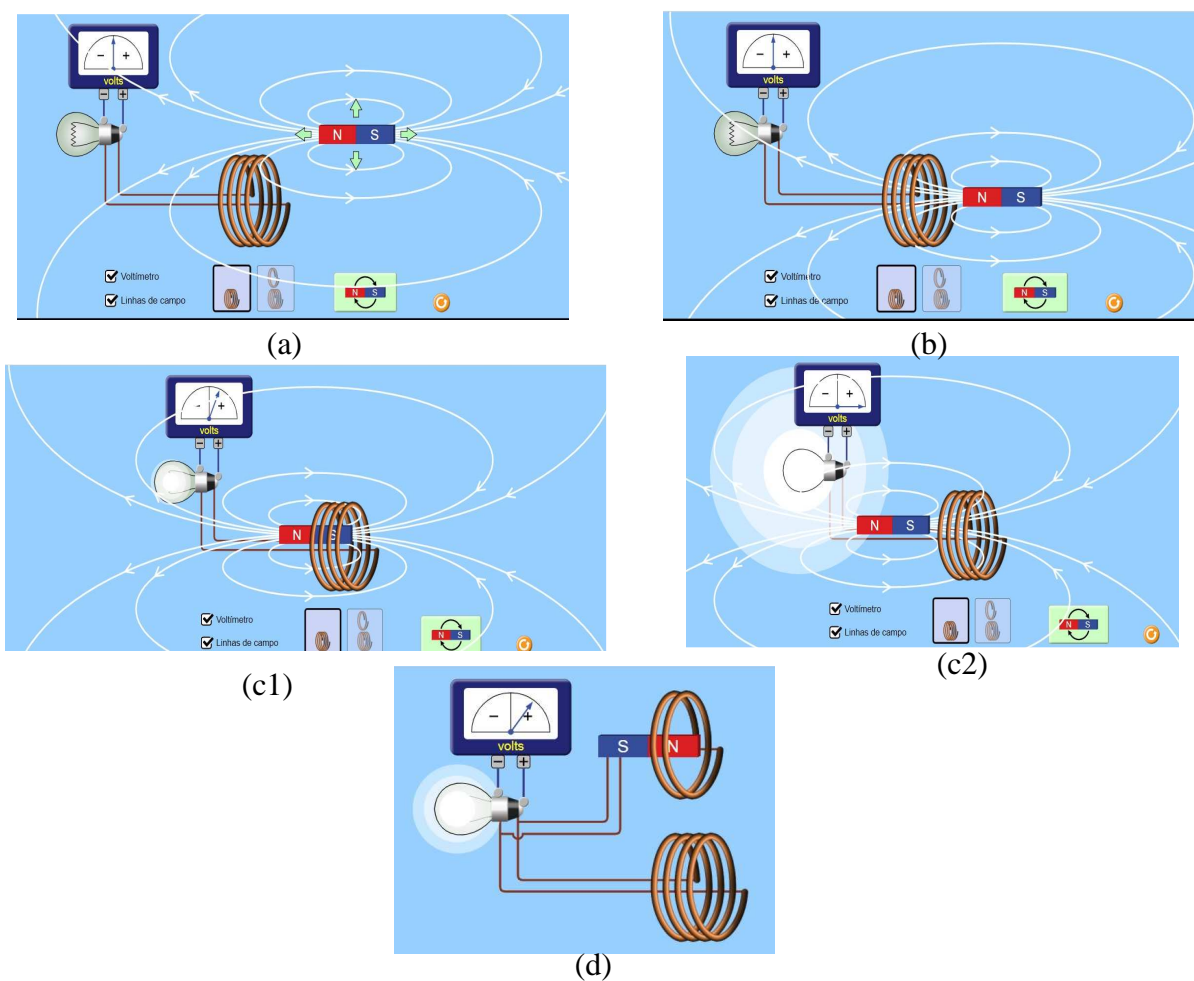
$$\varepsilon = -\frac{d\phi_M}{dt}. \quad (II - 4)$$

Passando a se chamar de Lei de Faraday-Lenz, sendo uma das quatro das equações de Maxwell e foi quem o escreveu em forma matemática, a saber,

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \quad (II - 5)$$

Para mostrar o efeito de forma ilustrativa é interessante utilizar o simulador do *Physical Educational Technology* (PhET) disponibilizado pela Universidade do Colorado, Lei de Faraday, https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.htm, (Figura II.4).

Figura II.4 – Cópia de tela do simulador Lei de Faraday do PhET/Colorado, apresentando o efeito da Lei de indução de Faraday. (a) página inicial incluindo o medidor de voltagem e as linhas de campo; (b) posicionando o ímã junto a bobina; (c1) e (c2) momentos diferentes da geração de corrente pela variação do campo magnético (ímã em posição diferente), em (c2) intensidade máxima, e em (d) que a intensidade máxima depende do número de espiras.

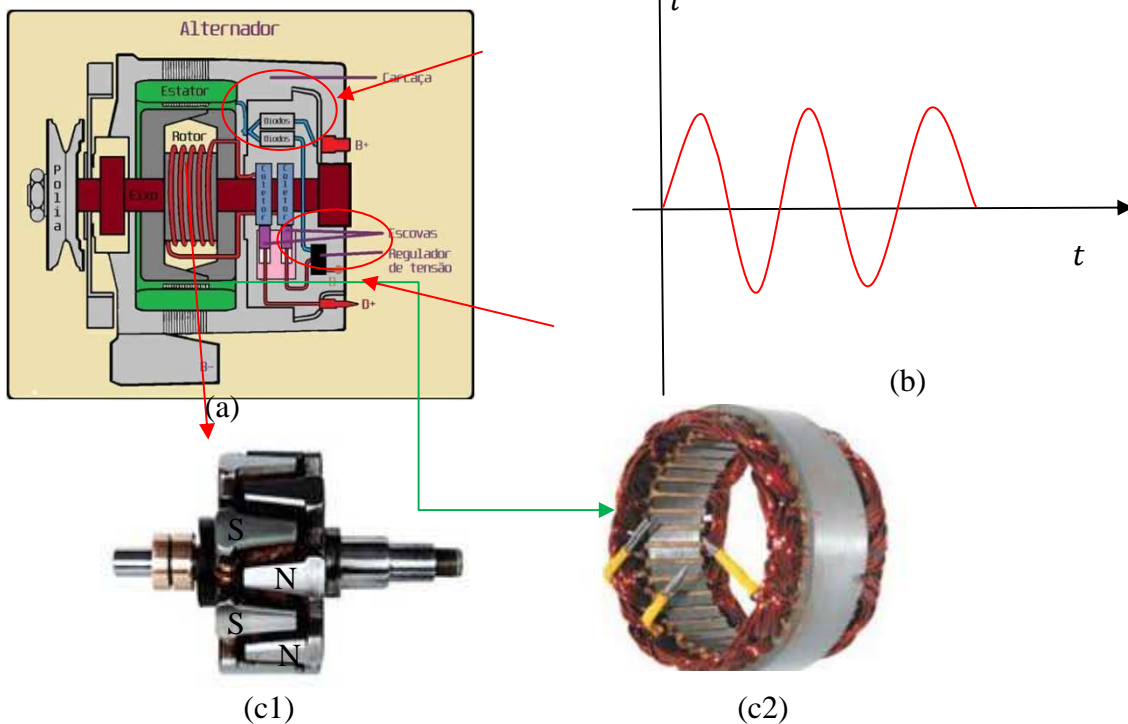


Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.htm

Em (a) ao marcar os itens aparecem as linhas de campo e o “voltímetro” na parte superior à esquerda. Em (b) ao colocar o ímã no centro da bobina e estiver parado, não gera corrente, a lâmpada está apagada. Movendo o ímã em movimento de vai e vem dentro da bobina (espira) ela acende e a intensidade varia (podendo verificar a tensão no “voltímetro”) dependendo da posição do ímã em relação à bobina como se pode ver em (c1) e (c2), e em (d) pode se observar que quanto menos espiras têm a bobina, menor a intensidade da luz. Ao movimentar o ímã, observa-se que quando o fluxo do campo magnético é “maior” (mais linhas dentro da espira) maior a tensão gerada e maior a luminosidade na lâmpada. A indução de corrente somente ocorre enquanto se movimenta o ímã para dentro e fora da espira.

O alternador automotivo (Figura II.5 (a)) também usa o princípio da indução eletromagnética, que por sua vez a corrente elétrica ao passar pelo rotor (Figura II-5 (c1)), o qual é composto por uma bobina de excitação em seu centro, e por cima os polos magnéticos tipo garra (N e S), gera o campo magnético. Essa bobina também é chamada de enrolamento indutor, que irá movimentar as cargas no estator (Figura II-5 (c2)) que possui bobinas chamadas de induzido.

Figura II-5 – (a) Desenho esquemático de um alternador automotivo. (b) Esboço de um gráfico de corrente alternada. Em destaque imagens fotográficas (c1) o rotor que vai na parte interna do estator (c2).



Fonte: (a) <https://www.hardwarecentral.net/single-post/o-alternador-automotivo> e (b) o autor. (c) imagens da internet.

O efeito de repulsão e atração dessas cargas funciona como ímã, gerando uma corrente/tensão

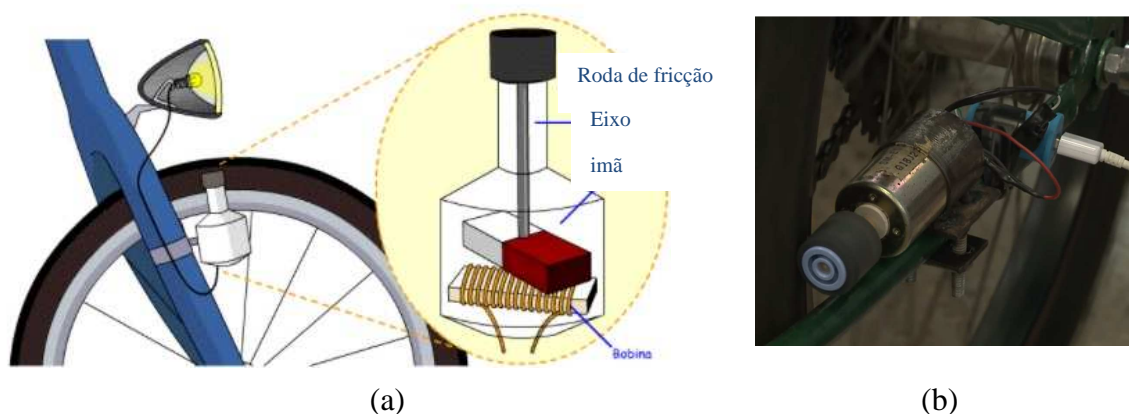
que não é constante, pois se repete a cada ciclo (cada 360°), portanto, alternada. Esse tipo de tensão é do tipo que chegam nas tomadas de nossas residências com uma frequência de 60 Hz. Na Figura II-4 (b) mostra-se o esboço de um gráfico de corrente alternada.

Após a geração de tensão alternada, os diodos (circulados e indicados com a seta em vermelho na Figura II-4 (a)) convertem em tensão contínua para alimentar de forma constante a bateria. Essa deve gerar uma tensão maior que 12 V, no geral para veículos denominados de passeio a tensão é de 14,8 V para não danificar a bateria, para isso tem além dos diodos um regular de tensão (indicado na Figura II-4 (a)), pois um veículo não se movimenta com uma velocidade constante. (RITTER, 2020).

Enquanto o alternador é um gerador unipolar, mas gera inicialmente corrente alternada, necessitando de diodos retificadores para transformar em corrente contínua, o dínamo gera corrente contínua.

O dínamo consiste de um ímã fixo a um eixo móvel, à sua volta ou abaixo há uma bobina. Quando o ímã gira e na bobina provoca uma variação no campo magnético do ímã, o que induz uma corrente elétrica nas espiras da bobina, criando assim uma ddp entre os pontos de contato. Na Figura II-5 indica a imagem de uma animação do processo desse funcionamento de um dínamo acendendo a lâmpada do farol da bicicleta.

Figura II-5 – Cópia de tela de uma (a) imagem animada (gif) do funcionamento de um dínamo acoplado ao pneu de uma bicicleta, gerando energia elétrica indicada pela luz do farol, (b) do “alternador” usado pelos alunos da UnB (Universidade de Brasília).



Fonte:(a)http://3.bp.blogspot.com/Chu5ZDE7q3w/VFpmh1CntoI/AAAAAAAAeLE/Y474_B3y9WY/s1600/AR34dinamo.gif apud <https://ritavalerio.wixsite.com/produto-mnpef-rita/3--momento>

(b) <https://www.youtube.com/watch?v=mwaxwj38rhw>

Um protótipo que utiliza um tipo de alternador²⁰ (Figura 1.18(b)) ao invés do dínamo comum, é o desenvolvido pela empresa júnior de Energia Elétrica da UnB, a Enetec. Nesse aparato, enquanto se pedala, carrega a bateria do celular no mesmo tempo que participa de um jogo virtual. Segundo a reportagem <https://www.youtube.com/watch?v=mwaxwj38rhw> é gerada uma tensão de 24 V e que somente 5 V são utilizados no carregamento do celular. No aparato, os propositores conectam uma saída para um terminal USB para carregar a bateria e um microcontrolador para o jogo de realidade virtual enquanto pedalam.

Para o aparato experimental do presente trabalho, a escolha em utilizar um alternador automotivo considerou vários pontos, descritos na próxima seção.

II-4 - Relato da escolha do uso de um alternador automotivo

As escolhas dos componentes que iriam fazer parte do aparato experimental sempre foi algo complicado de realizar, dessa forma, não poderia ser diferente com o alternador automotivo, pois, nesse momento, existiu a possibilidade escolher entre dois instrumentos capazes de converter energia mecânica em energia elétrica, o dínamo e o alternador.

Sendo um dos objetivos do presente trabalho a otimização da funcionalidade da engenhoca, para tanto, verificou-se o seu princípio primário, o ato de pedalar para “gerar” eletricidade. Dessa forma, partindo da ideia em que uma pessoa iria fazer parte desse processo de conversão de energia, e que a mesma obviamente não teria a capacidade de manter uma frequência constante ao pedalar, como também tal frequência não seria algo muito elevado, a escolhido “gerador” deveria considerar tais características.

Assim, faz-se necessário explorar as especificidades de cada opção, mesmo que ambas se utilizam do princípio da indução eletromagnética, o presente trabalho irá explorar as principais características do dínamo e do alternador, possibilitando uma escolha técnica de um desses instrumentos.

Dessa forma, podemos dizer que o alternador nada mais é que um aparelho que por meio da indução eletromagnética é capaz de converter energia cinética em energia elétrica, no qual é formado por uma ou mais bobinas e um ímã ou eletroímã, sendo constituído por uma parte móvel, o rotor, e outra fixa, o estator. Já o dínamo, como um equipamento que consiste basicamente em um ímã fixo em um eixo móvel e que ao redor desse eixo há um fio extenso enrolado em espiras e feito de material condutor (uma bobina), sem que haja o contato físico

²⁰Supõem-se pela descrição dada no painel apresentado no vídeo.

entre essas duas partes.

Alves e Lourenço (2009) relatam que basicamente só os veículos mais antigos utilizavam o dínamo para gerar corrente contínua e que devido à sua ineficácia quando o veículo se encontrava em marcha lenta, foi substituído pelo alternador, que gera potência de carga mais elevada mesmo em rotações mais baixas.

Realizada uma breve caracterização desses dois tipos de geradores, é importante ressaltar as vantagens ou as desvantagens de um em relação ao outro para então certificar-se da melhor escolha para nosso aparato experimental. Em Alves e Lourenço (2009) é possível verificar que o alternador consegue converter energia com uma rotação essencialmente mais baixa, como também os mesmos autores, na página subsequente, discutem algumas vantagens do uso do alternador em relação ao dínamo:

De acordo com Alves e Lourenço (2009)

“A produção de energia eléctrica utilizando o alternador, particularmente do segundo tipo, ao invés do dínamo, traz diversas vantagens:

- O alternador tem menor manutenção. No dínamo, a passagem da corrente elevada dos segmentos do colectador para as escovas provoca o aparecimento de arcos eléctricos, provocando um rápido desgaste do colectador e das escovas.
- O alternador tem melhor arrefecimento que o dínamo. Quanto maior a corrente numa bobina, maior o seu aquecimento. Se a bobina induzida for no estator (exterior), é mais fácil de refrigerar do que se for no rotor (interior). Quando menores as perdas, melhor o rendimento.
- Para a mesma potência eléctrica gerada, o dínamo é muito volumoso e pesado. Enquanto um alternador de automóvel pesa cerca de 4kg, um dínamo para a mesma potência pesa de 8 a 10kg.
- O alternador tem melhor rendimento que o dínamo.
- O alternador tem uma construção mais simples.

No caso particular do sistema de carga dos automóveis com motores de combustão, as vantagens do alternador face ao dínamo são ainda maiores:

- O dínamo atinge a sua tensão nominal a um número de rotações superior ao alternador. Enquanto o alternador atinge a sua tensão nominal a partir das 400/600 rpm, o dínamo dificilmente a atingirá abaixo das 1300 rpm. Deste facto resulta que quando o motor está a rodar ao *ralenti*, o alternador já está a alimentar todos os circuitos, o que não acontece com o dínamo.” (ALVES e LOURENÇO, 2009, p. 9)

De acordo com as especificidades do dínamo e do alternador e das principais características de utilização, principalmente o intervalo de rotações que cada “gerador” trabalha para converter energia de forma eficiente, se faz jus que o presente trabalho adote em sua estrutura metálica do aparato experimental o alternador automotivo, levando em consideração as singularidades do presente trabalho.

Referências Bibliográficas

ALVES, M. J. A. F. e LOURENÇO, M. D. **Automóvel: Sistema de Carga**. Departamento de Engenharia Electrotécnica, ISEP.. 2009. Disponível em: <<http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/PubDid/SistemaCarga.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G.; VIANA, A. D.; CABRAL, G. C. P., **Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior?** Rev.Grad. USP, vol. 1, n 1, jul. 2016. Disponível em: <http://gradmais.usp.br/vol-1-n-1-jul-2016/>. Acesso: 23/01/2022.

da SILVA, W. ; CLARO, G. R. ; MENDES, A. P. ; APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS, ANAIS ELETRÔNICOS - EDUCERE – XIII - Congresso Nacional de Educação da PUCPR, 2017. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf. Acesso em: 10/10/2021.

DÍNAMO – o que é? **Fatos & Notícias**, 2021. Disponível em: <<https://fatosnoticias.com.br/index.php/tecnologia/496-dinamo-o-que-e>>. Acesso em: 10 jan. 2022

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 1982.

NOVAK, J. D. ; CANÃS, A. J., A TEORIA SUBJACENTE AOS MAPAS CONCEITUAIS E COMO ELABORÁ-LOS E USÁ-LOS. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010. Disponível em <http://www.periodicos.uepg.br>, DOI: <http://dx.doi.org/10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029>

SASSO, M. F., “**Bicicleta dinâmica**” – **uma sequência didática para trabalhar transformações de energia**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2022. Em breve, disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php> .

RITTER, L. , 2020. **O Alternador Automotivo**, Imagens: PDF do Instituto Federal de Rio Grande do Norte; Leonardo Ritter, Google Imagens; SENAI-PR.PDF do Instituto Federal de Rio Grande do Norte; SENAI-PR; aparecidooliveira.blogspot.com; Schaeffler (INA); omecanico.com.br; Heliar. Disponível em: <<https://www.hardwarecentral.net/single-post/o-alternador-automotivo>>. Acesso em 07/01/2021.

APÊNDICE III – Taxa de decaimento de Newton

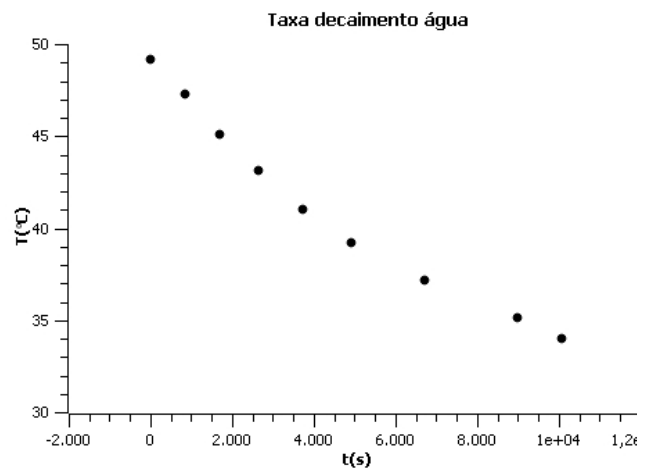
Outra sugestão é analisar a taxa de decaimento da temperatura no tempo²¹ - Posteriormente confeccionar o gráfico (Figura III-1) e analisar se o fluido, no caso a água, obedece a lei de resfriamento de Newton ou não. Para isso, anote os dados da temperatura decrescendo de 2 em 2 graus, anotando o respectivo tempo (Tabela III-1) – (SASSO, 2022).

Tabela III-1 - Dados dos valores da temperatura como o passar do tempo, para 200g de água, com o aparato experimental desligado.

T (°C)	t(s)
49,2	0
47,3	840
45,1	1680
43,1	2640
41,0	3720
39,2	4920
37,2	6720
35,1	9000
34	10080

Fonte: os autores

Figura III -1 – Gráfico da temperatura $T(^{\circ}\text{C})$ versus tempo $t(\text{s})$ confeccionado com os dados da Tabela 2.



Análise do gráfico da lei de resfriamento de Newton -

Sobre o gráfico da Figura 25, possui um comportamento de uma exponencial decrescente, que está de acordo com a lei de resfriamento de Newton, descrita pela equação (PIERES, sd)

$$T = (T_i - T_f)e^{-kt} + T_f$$

em que, T é a temperatura do corpo em um determinado instante, T_i a temperatura inicial, T_f a final, k constante determinada experimentalmente que depende do que é feito o material, de sua massa e condutividade térmica, t o tempo de contato entre os corpos.

Observa-se que no decorrer do tempo a temperatura se aproxima da temperatura ambiente, diminuindo a diferença de temperatura, entrando no equilíbrio térmico, que será quando os dois corpos terão a mesma temperatura.

Onde pode ser aplicado? Como demonstrado pelo Prof. Adriano Pieres, Figura III.2,

²¹ Este experimento, utilizar a água aquecida, e analisar a taxa de decaimento da temperatura no tempo foi proposto aos docentes do ensino médio no âmbito de um curso de extensão ocorrido no ano de 2015, ofertado pelo DFI/UEM, proposto por H. Mukai e P. R. G. Fernandes. Evento este financiado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT) – CNPq.

em que propõem uma aplicação da Física Forense.

Figura III-2 – Cópia de tela da página disponível por Adriano Pieres de uma aplicação da lei de resfriamento Newtoniano.

Folheando um jornal, encontramos a seguinte notícia:

Corpo encontrado misteriosamente
Foi encontrado na esquina da Rua I com a Rua J o corpo de um homem aparentando trinta anos. Moradores do local disseram ter ouvido tiros por volta da meia-noite e também em torno das três da madrugada. A polícia já encontrou ambos os autores dos disparos. Somente após o legista identificar a hora da morte é que a polícia poderá prender um dos suspeitos.

*Você deve estar se perguntando:
Como podemos saber quando a vítima foi morta?
O que a Física tem a ver com tudo isto?*

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/principal.htm>

Resposta: Figura III-3. Como ele respondeu? Veja o site: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/principal.htm>

Figura III-3 – Cópia de tela da resposta às questões apresentadas na Figura III-2.

Como a temperatura do corpo quando encontrado às sete horas da manhã estava em nove graus Celsius, concluímos que a morte ocorreu aproximadamente sete horas antes do corpo ser encontrado, ou seja, por volta da zero hora (meia-noite), sendo o suspeito que deve ser preso o primeiro autor dos disparos.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/aplic.html>

Referências Bibliográficas

SASSO, M. F., “Bicicleta dinâmica” – uma sequência didática para trabalhar transformações de energia. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2022. Em breve, disponível em: <http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php> .

PIERES, A. – Lei de Resfriamento de Newton – Texto online – Instituto de Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/teor.html>.