



## **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, dessa 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, como também, 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 duração de 50 minutos cada, variando de 7 a 12 dependendo do que se deseja abordar com o aparato experimental. Tempo que avaliamos ser suficiente para o cumprimento de todas as atividades propostas.

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

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Aparato Experimental.....</b>	<b>4</b>
1.1 Estrutura e Guia de Montagem .....	4
1.2 Montagem da parte elétrica .....	7
1.3 Montagem do Calorímetro.....	11
1.4 Montagem Experimental Completa.....	14
1.5 Procedimento Experimental para o uso da Bicicleta Dinâmica .....	16
1.5.1 Experimento I - Dissipação e Absorção de energia – Efeito Joule .....	18
1.5.2 Experimento II (a) – Calorimetria – Método 1 .....	18
1.5.3 Experimento II (b) –Calorimetria - Método 2.....	20
<b>2. Aspectos Metodológicos do PE .....</b>	<b>22</b>
2.1 Objetivos do Produto Educacional .....	22
2.2 Contextualização na DCE/PR de Física .....	23
2.3 Metodologia para Aplicação da Sequência Didática.....	23
2.3.1 Sequência Didática.....	24
2.4 Desenvolvimento da SD por Encontro .....	25
<b>Encontro 01</b> – Aplicação do Questionário Diagnóstico e histórico .....	26
<b>Encontro 02</b> – Explanação do assunto e construção do Mapa Conceitual .....	31
<b>Encontro 03</b> – A Energia no Aparato Experimental .....	46
<b>Encontro 04</b> – Montagem, apresentação, utilização do aparato experimental e coleta de dado .....	57
<b>Encontro 05</b> – Análise quantitativa e discussão dos dados coletados experimentalmente .....	60
<b>Encontro 06 e 07</b> – Aplicação do Questionário Avaliativo e Complementar. ....	62
<b>Finalização da Sequência Didática.</b> .....	66
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE I - Investimento no Aparato Experimental .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE II – Textos complementares.....</b>	<b>73</b>
<b>II-1 Mapas Conceituais .....</b>	<b>73</b>
<b>II-2 Energia Potencial Elástica (<math>E_{el}</math>) .....</b>	<b>73</b>
<b>II-3 Lei da Indução Eletromagnética aplicada no aparato Experimental .....</b>	<b>73</b>
<b>II-4 Relato da escolha do uso de um alternador automotivo.....</b>	<b>80</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE III – Taxa de decaimento de Newton .....</b>	<b>83</b>

# 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 ser 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, apresentar-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 predisposição 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 à 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-lo 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 se criar um aparato experimental que pudesse demonstrar certas conversões de energia utilizando materiais que permita 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 para 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.

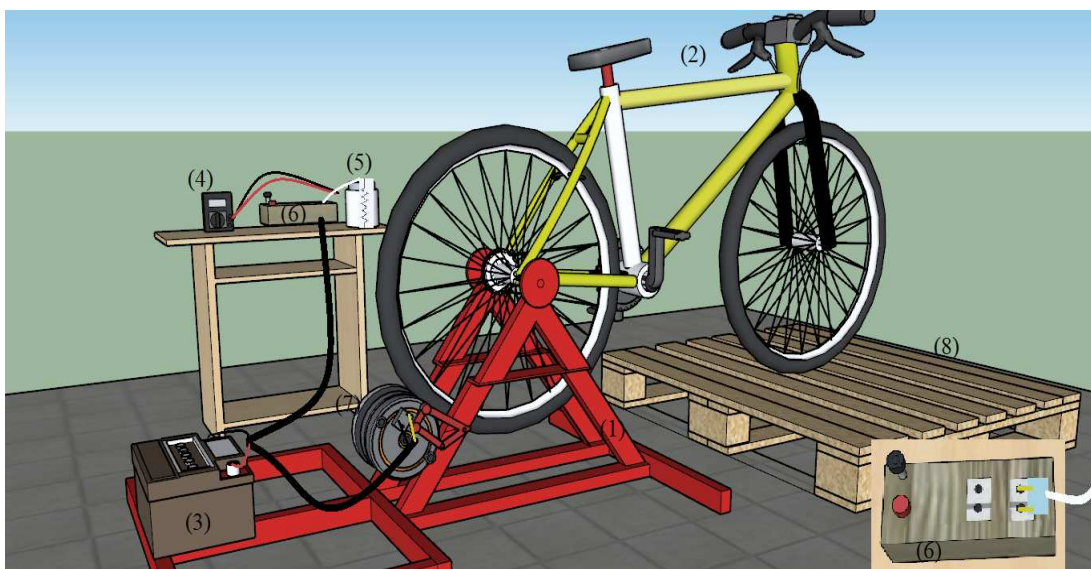
Este material está exposto conforme segue. No capítulo 1 é apresentado o aparato experimental, discriminando os materiais utilizados e o esquema de montagem. No capítulo 2 a Proposta da sequência Didática para uso do aparato experimental, e a descrição para cada aula e o conteúdo a ser abordado, demonstrando a metodologia utilizada para aplicação do Produto Educacional e os processos de ensino aprendizagem, explorando ao máximo, todo mecanismo construído. No Apêndice I, uma tabela contendo um orçamento do investimento, bem como materiais alternativos para a construção do aparato experimental.

# 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 às 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 feita de forma manual.

No respectivo trabalho, demonstra-se por meio de um desenho esquemático, apresentado na Figura 1, todo o aparato 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 isopor® de latinha 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) isopor de latinha 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

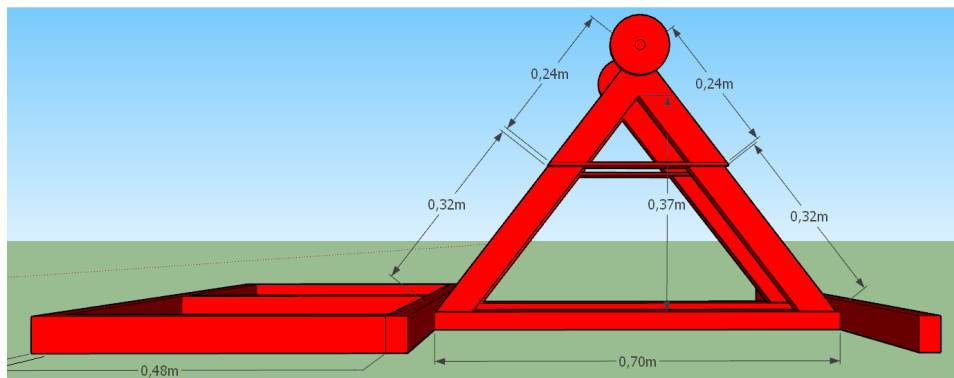
## 1.1 Estrutura e Guia de Montagem

Essa subseção é dedicada à demonstração da lista de materiais que são

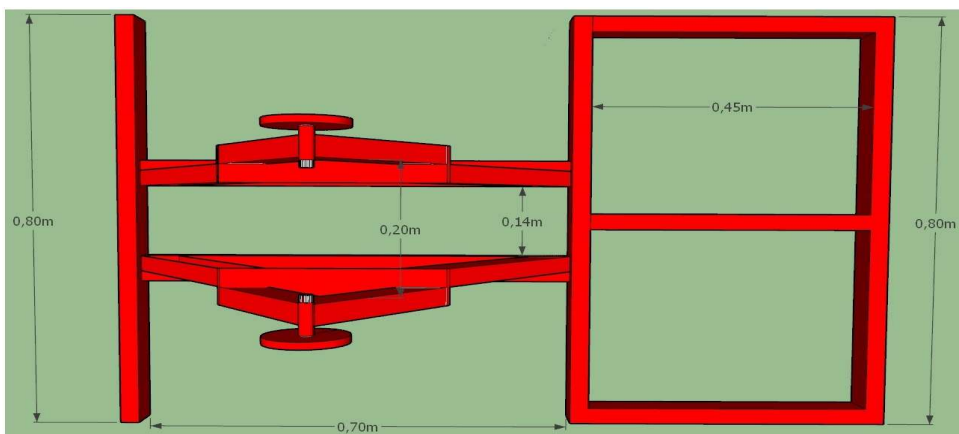
imprescindíveis para a construção de todo o aparato experimental, primeiramente apresenta-se as características do material utilizado e as dimensões da estrutura metálica, por seguinte, a exibição das especificações técnicas de cada elemento. A marca e as dimensões utilizadas são opcionais, de forma que, as escolhas, para uma possível reprodução do equipamento, sejam equivalentes e que os mesmos não ofereçam risco á 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.

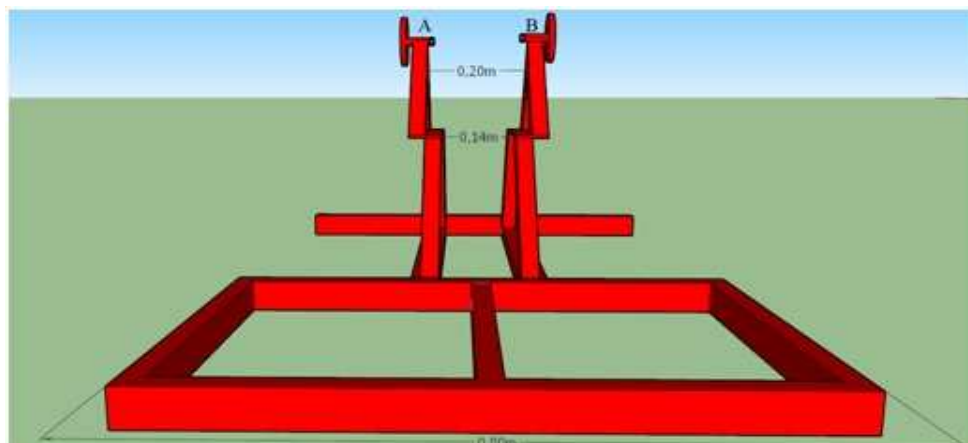


(a)



(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 mm, em que foi feito usinagem para

diminuir a profundidade dos sulcos, e soldado 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, realizada as modificações necessárias a polia dentada, fixado o alternador e a 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, examinada que as componentes estão conectadas e girando corretamente, dá se por concluído a montagem da parte estrutural do Aparato Experimental.

## 1.2 – Montagem da parte elétrica

Na sequência, estão descritos os materiais utilizados na construção da parte elétrica e seu esquema de montagem.

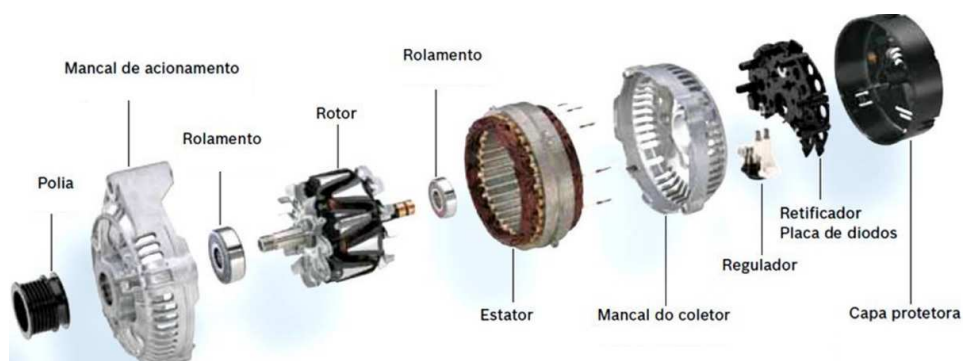
**Materiais utilizados na parte elétrica:**

- 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 ter em consideração que o alternador automotivo, só conseguirá converter energia mecânica em energia elétrica, quando o mesmo ter 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 artigo<sup>1</sup> “O que é um alternador automotivo” se torna corrente contínua, com uma voltagem entre 12 e 14,5 V, devido a presença de dois dispositivos acoplados ao alternador, o Retificador e o Regulador de Tensão.

**Figura 5** – Imagem das partes que constituem um alternador automotivo



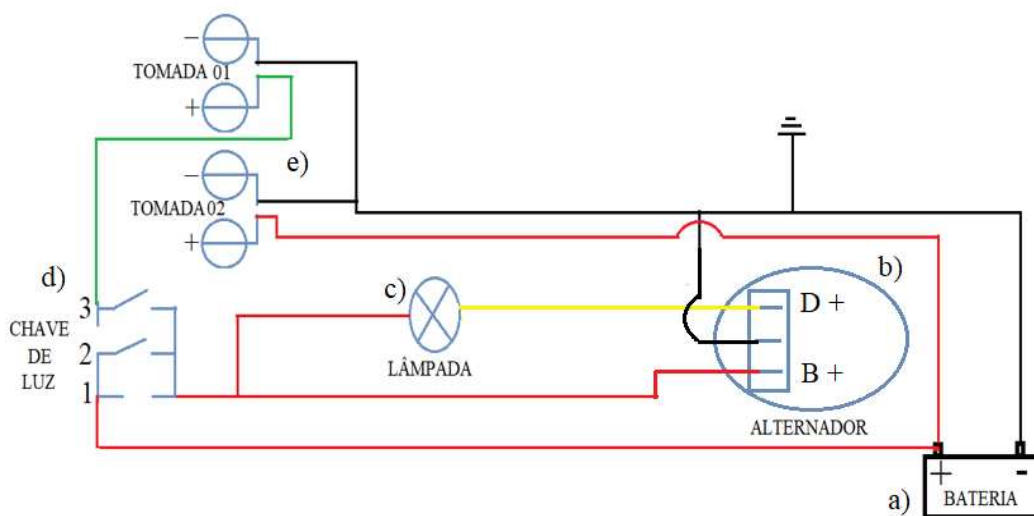
Fonte: Disponível em: <<https://www.razaoautomovel.com/2020/02/alternador-do-motor/>>.

<sup>1</sup> 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%20converte%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 sejam suportados 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*<sup>2</sup> 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 12V-36Ah (a), um alternador automotivo da marca Bosch - 35Ah (b), uma lâmpada incandescente (12V- 2W) (c), uma chave de luz, com três posições (d) e duas tomadas residenciais (e) a tomada 01 referente a ddp “gerada” pelo alternador e a 02 pela bateria.



**Fonte:** o autor.

Sendo 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 alimentado pelo estator, a lâmpada de advertência se apaga no momento em que a tensão gerada, devido não existir mais

<sup>2</sup> 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, acoplado 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, a chave ao 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  $600rpm$ , à 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.

### 1.3 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.

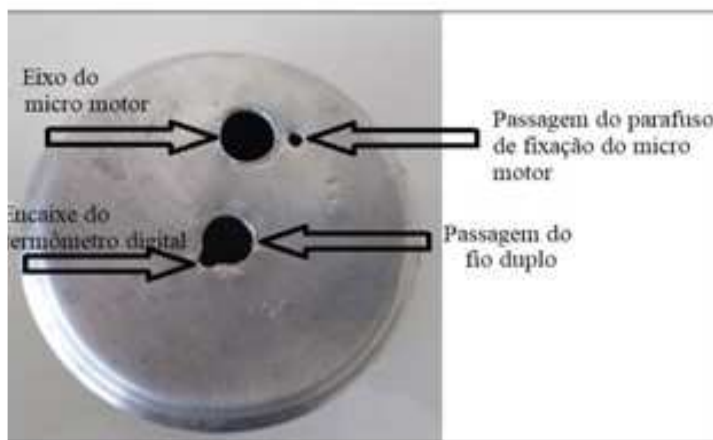
#### **Materiais Utilizados:**

- 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 micro motor 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 do porta lata, utilizando uma furadeira, sendo realizado dois furos com uma broca para furar ferro de 10 *mm* de espessura e dois furos com uma broca para furar ferro de 2*mm*, dispostos 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 2mm.



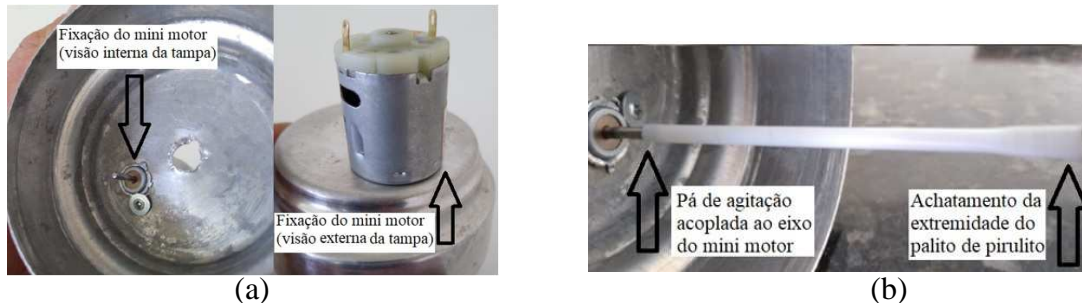
Fonte: arquivo do autor.

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 feito os furos descritos na Figura 8, realizar-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 apresentados 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. Realizado a fixação do mini motor acoplado à pá do agitador na tampa do calorímetro, fazer-se 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):

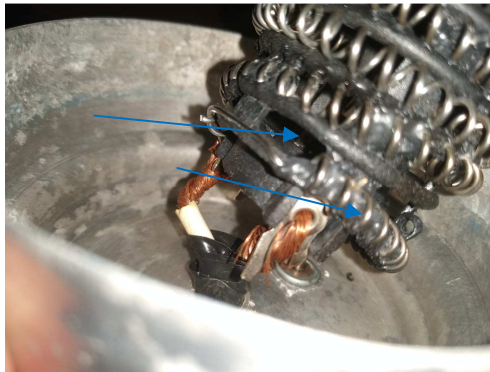
5(a) - Primeiramente, fixar o fio duplo no resistor elétrico, sem se preocupar com os polos, positivo e negativo, oriundos do Plugue Bipolar (2 Pinos + terra) macho - 10A, uma vez que o resistor elétrico utilizado no presente trabalho de origem de corrente elétrica AC. Para isso, passar o fio duplo através 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, os quais deve-se atentar, pois, uma vez realizado 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.

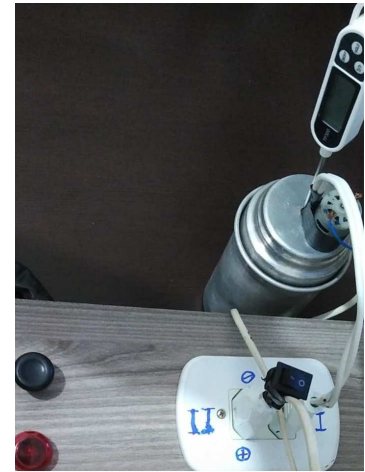
**Figura 10** – imagem fotográfica da ligação elétrica realizada (a) fio duplo conectado ao resistor elétrico de chuveiro indicado pelas setas em azul, e (b) no calorímetro, descrita no item 6, sendo em (1) o interruptor liga/desliga, (2) e (4) o Plugues Bipolar, em (3) as pontas do multímetro ligado 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.



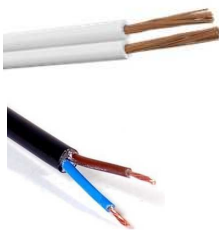
(a)



(b1)



(b2)



(c1)



(c2)



(c3)

Fonte: arquivos do autor.

## 1.4 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.

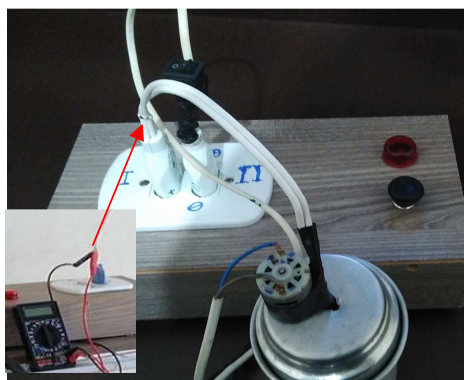
**Figura 11** – Imagem fotográfica do aparato experimental denominado de “bicicleta dinâmica”. Em que:(1) bicicleta, (2) alternador automotivo (12V - 35 A ) com polia modificada para dentada, (3) bateria automotiva de 12V - 35 A, (4) chave de luz universal, (4) Terminais - 3 Posições, (5) conjunto de duas tomadas residenciais, (6) porta latas térmico de alumínio de 350ml com tampa, (7) resistor elétrico para chuveiro de 110V, (8) termômetro digital tipo vareta, (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 a 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 é conectado 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.

## 1.5 Procedimento Experimental para o uso da Bicicleta Dinâmica

Para essa parte de execução do experimento há 3 experimentos sugeridos a ser realizados, e a lista de materiais é basicamente a mesma.

### Materiais utilizados:

- 200 g de água
- 1 recipiente para transportar a água
- 1 cronômetro (sugestão do celular)
- 1 calorímetro, com termômetro digital tipo vareta;
- 1 balança digital
- 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 ( $\Omega$ ) (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/ $\Omega$  (circulados na Figura 13);

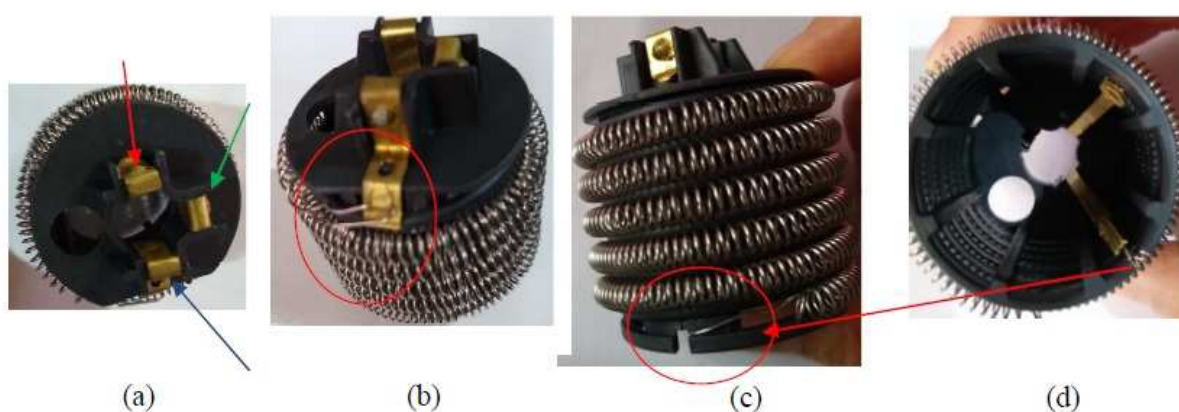
Figura 13- Ilustração das “partes” da escala e conexões de um multímetro.



Fonte: <https://blogmasterwalkershop.com.br/electronica/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 possui 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: site do mercado livre - <https://lista.mercadolivre.com.br/entrar>

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 é baixo em torno de  $1,7 \times 10^{-8} \Omega m$ , a 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 ( $\Omega$ ) 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.

Entre as 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:

### 1.5.1 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, e a energia estar sendo encaminhado para a tomada 01 que é onde está acoplado a 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
$m_{\text{água}} =$ $g$	$R =$ $\Omega$
$U =$ $V$	

- 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.

### 1.5.2 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 a 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 e torno de 60 °C;
7. Desligue o aparato, e coloque aos poucos a água a temperatura ambiente junto 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
$T_{f=eq.} =$	
$T_{amb.} =$	
$m_{\text{água}} =$ $g$	$R =$ $\Omega$
$U =$ $V$	$c_{\text{água}} = 4,18 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$

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.

### 1.5.3 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 etapas<sup>3</sup>:

- Com o multímetro na escala de  $\Omega$ , meça o valor da resistência e anote o valor;
- 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;
- Anotar 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
$m_{\text{água}} =$	$g$
$U =$	$V$
$R =$	$\Omega$

Fonte: os autores.

<sup>3</sup> 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 é 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 norteada 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 a as orientações sobre o processo de ensino-aprendizagem da 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-se 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 contendo 50 minutos) tendo como referência o processo de ensino-aprendizagem descritos 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	Explicação de possíveis formas de energia, organizando as ideias em um mapa conceitual
	Explicação 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 realizado 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.

Materiais Complementar: celular tipo *Smartphone*, computadores, para uso dos simuladores.

Segue o detalhamento de cada Encontro.

## 2.4 Desenvolvimento da SD por Encontro

Estão descritas nesta seção as atividades e as orientações metodológicas a serem realizadas em cada encontro referente a 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 educandos, 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, que o mesmo seja realizado com muita seriedade, uma vez que as aulas futuras serão influenciadas pelo resultado desse questionário;
  - Apresentar a contextualização histórica;
  - Recolher o questionário diagnóstico.

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, depende respectivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) do volume do corpo e da velocidade do corpo</li><li>b) da aceleração do corpo e da massa do corpo</li><li>c) da altura do corpo e da velocidade do corpo</li><li>d) da altura do corpo e do volume do corpo</li><li>e) da potência do corpo e da velocidade do corpo</li></ul>	
<div style="background-color: #333; color: white; padding: 10px; border: 1px solid black;"><p>potencial <math>\Rightarrow E_p = mgh</math> depende da altura</p><p>Energia cinética <math>\Rightarrow E_c = \frac{1}{2}mv^2</math> 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 o 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 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.

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  $g=10m/s^2$ .

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

Resposta: item d)

$$E_p = mgh$$

$$E_p = (2kg) \left( \frac{10m}{s^2} \right) (2m)$$

$$E_p = 40 J$$

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 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 força exercida no solo, no caso a força peso  $P = mg$ , e velocidade final quando toca o solo. Considerando que as frutas na altura  $h= 20m$  possui 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 apresentados 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, 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 (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 (continua 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**

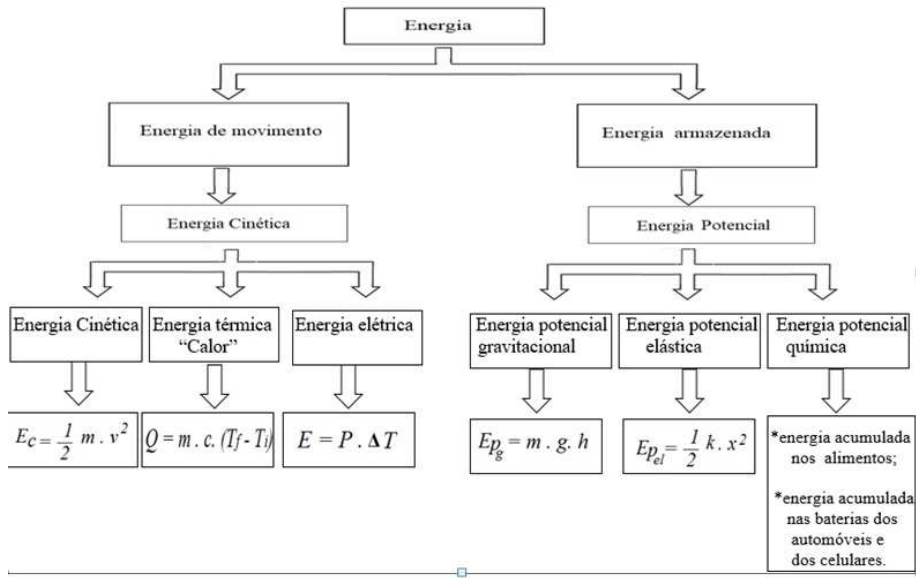
- **Duração:** 1 a 2 aulas de 50 minutos cada
- **Organização da turma:** padrão
- **Introdução:** No início da aula fazer uma revisão do Encontro 01;
- **Desenvolvimento:**
  - ✓ Confecção de um mapa conceitual com formato pronto ou não, como uma ferramenta didática, sobre a Energia mecânica e suas formas; caso seja necessário explicar sobre com confeccionar um mapa conceitual, no Apêndice II-1 há 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 eles atuam e quais equações as representam. Um exemplo de mapa conceitual simples é o apresentado na Figura 13.

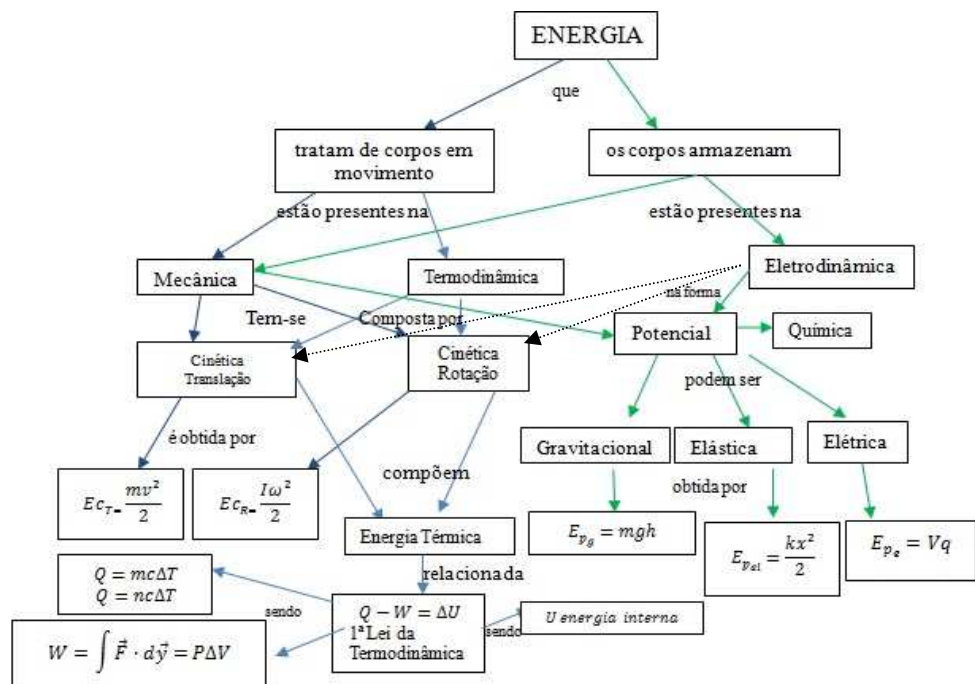
Figura 13 – Exemplo de Mapa conceitual realizado junto com os alunos.



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 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" (NUSSENVEIG, 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  $i$  à 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, pois tomando 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.

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.

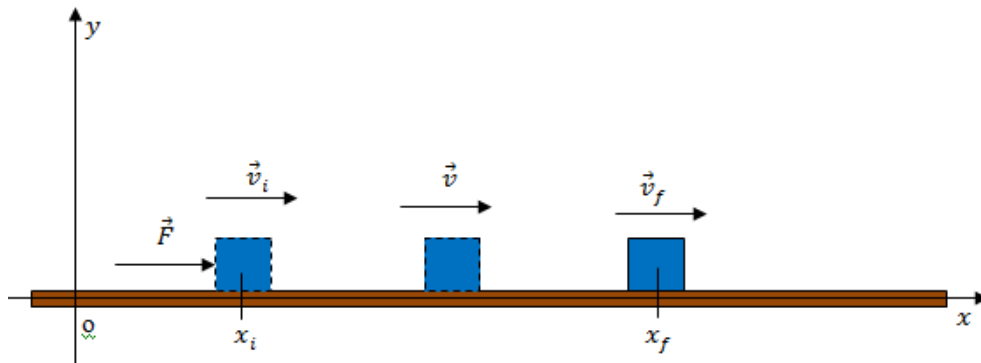
- **Trabalho e Energia**

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 Torricelli<sup>4</sup>, 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,

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

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,

---

<sup>4</sup> Evangelista Torricelli (1608-1647) Físico e matemático italiano.

$$W = \Delta E_c . \quad (5)$$

Sendo a energia cinética definida como:

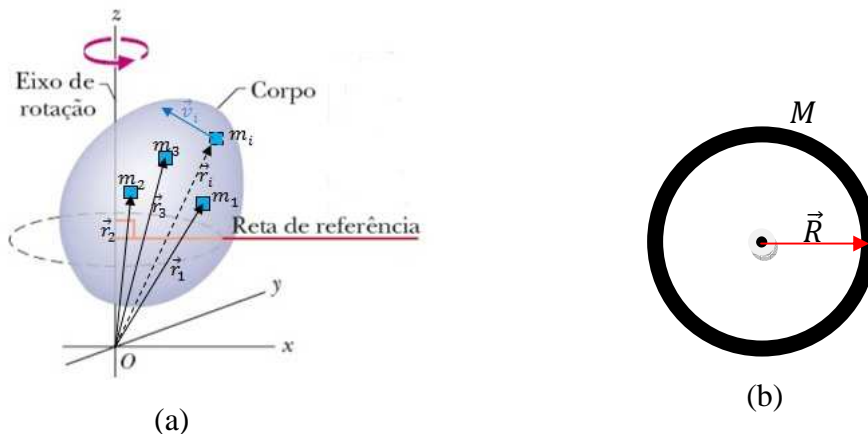
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 . \quad (6)$$

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  $\omega$ , 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 dada pela massa da circunferência e seu raio  $R$ :

$$I = MR^2 . \quad (10)$$

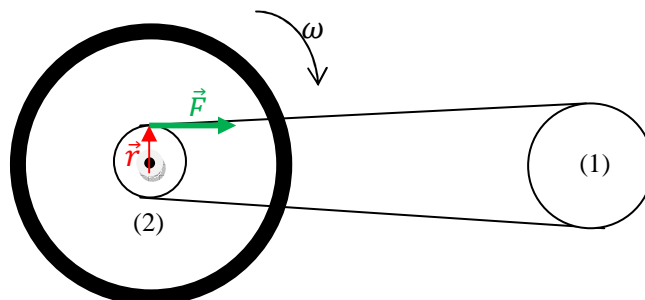
Este é o caso do pneu traseiro da bicicleta que está fixo no suporte, e não tem movimento de translação.

Para obter a velocidade angular para uma situação ideal, pode-se trabalhar o conceito de torque, que possui magnitude dada por

$$\tau = rF \text{sen} \theta . \quad (11)$$

Em que,  $r$  é a distância do eixo de rotação até onde a força que a provoca está posicionada e  $\theta$  o ângulo entre eles. No caso da bicicleta, Figura 16, ilustra que o ângulo é aproximadamente  $90^\circ$ , 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 à 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 é pertinente 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.

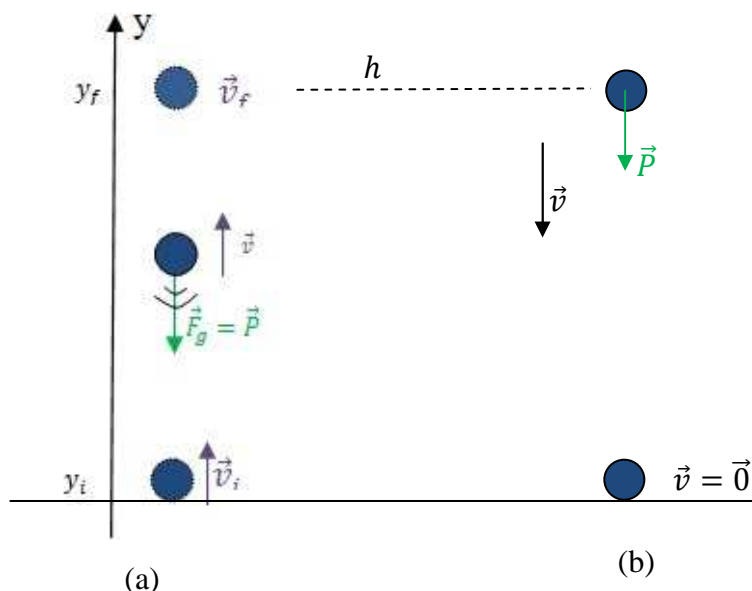
- **Energia Potencial**

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  $180^\circ$  pois estão em sentidos opostos, tem-se que o trabalho realizado é dado por,

$$W = P\Delta y \cos 180^\circ = -mg(y_f - y_i) = -mg\Delta y = -\Delta E_{pg} = -mg(h - 0). \quad (15(a))$$

Sendo a quantidade  $mg y$  a energia potencial.

ii) Considerando o processo de descida

Nesta situação a massa está a uma certa altura  $h$ , em relação ao solo, Figura 17 (b) a orientação positiva para cima, 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 dada 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 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 tal, 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  $\omega$  a velocidade angular de rotação em torno de um eixo fixo.

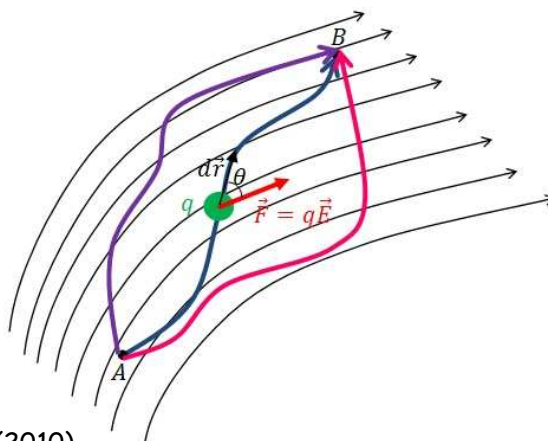
➤ **Energia e Trabalho no Eletromagnetismo**

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 ( $\Delta E_{P_{el.}}$ ) 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 relacionada 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,  $\theta = 0^\circ$ ,

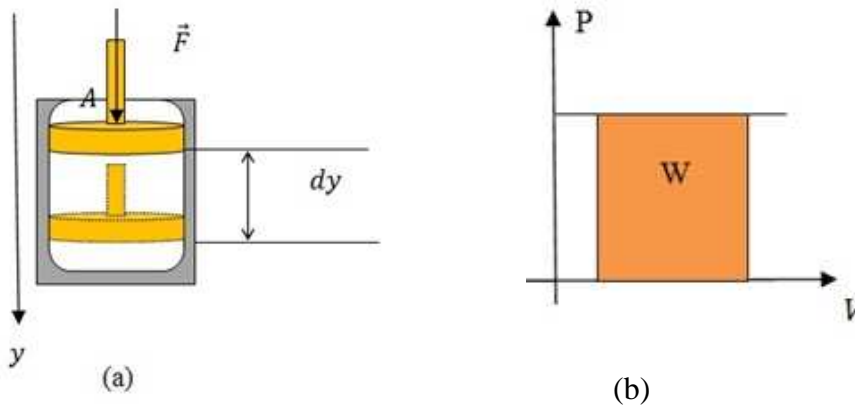
$$W = PA\Delta y .$$

Como  $A\Delta y = \Delta V$ ,

$$W = P\Delta V , \tag{27}$$

que é a área abaixo a 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 está exposta a continuação do tratamento sobre energia e suas transformações direcionadas ao aparato experimental.

Ainda nessa aula, caso tenha tempo, acrescentar a análise das grandezas físicas e suas unidades de medida, será utilizado o Sistema Internacional de Unidades (SI) e o Sistema Gaussiano<sup>5</sup> como base, dispondo das informações descritas nos quadros 4 e 5.

---

<sup>5</sup> Nomeado como sistema C.G.Stem como escolha o centímetro, a grama e o segundo como unidades fundamentais.

Quadro 4 - Apresentam-se as Unidades Básicas do 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>
<b>Unidades básicas do SI</b>			
comprimento	metro	m	
massa	quilograma	Kg	
tempo	segundo	s	
corrente elétrica	ampère	A	
temperatura	kelvin	K	
<b>Unidades derivadas do SI</b>			
área	metro quadrado	m <sup>2</sup>	
velocidade	metro por segundo	m/s	
calor específico	Joule por quilograma-kelvin	j/kg.K	
Força	newton	N	Kg.m/s <sup>2</sup>
Potência	watt	W	J/s
diferença de potencial	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 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</i>
comprimento	$\Delta S, h, d$	centímetro	cm	0,01m
		quilômetro	Km	1000km



massa	m	grama	g	0,001Kg
		tonelada	t	1000kg
tempo	$\Delta t$	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-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 da 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 (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  $\Delta Q$  necessária para elevar sua temperatura de  $\Delta T$  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  $\text{J/K}$  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 compõem 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, e pode ser adiabático:

- 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  $\Delta V = 0$ . E 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. (33) 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 01

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](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  $80^\circ\text{C}$  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.

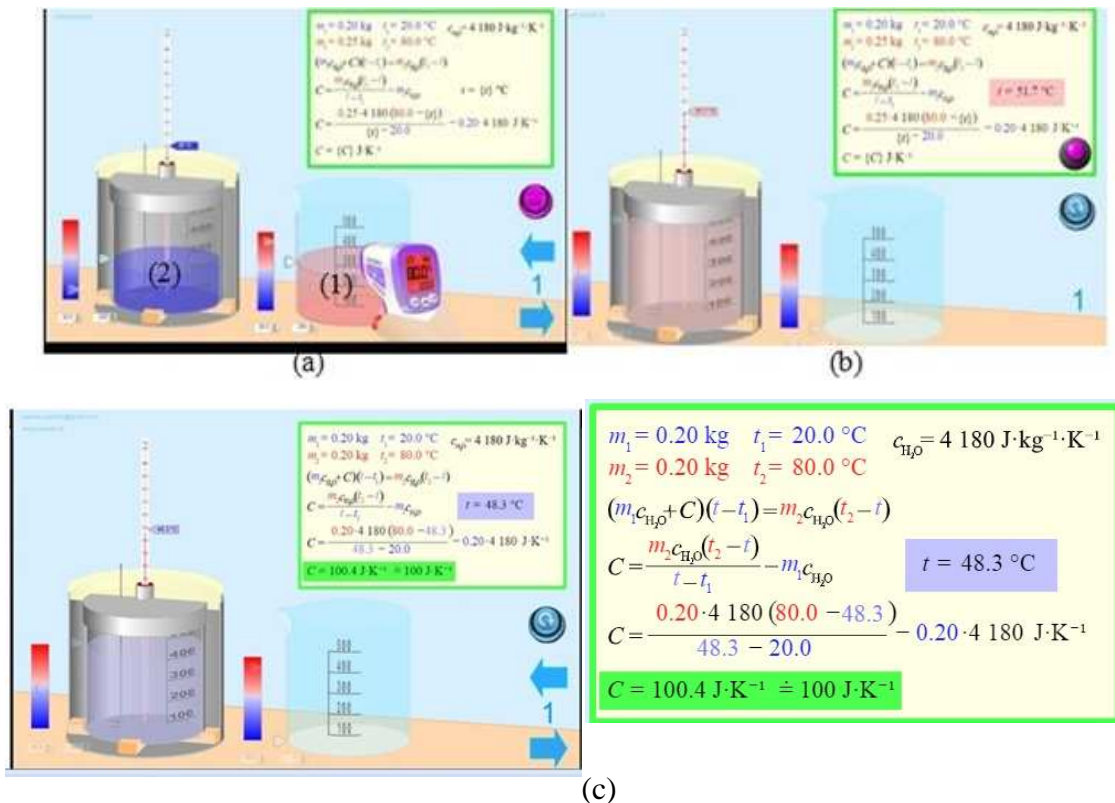
Dessa maneira, como as paredes adiabáticas do recipiente não permitem trocas de calor com exterior (chamado de Calorímetro, com capacidade térmica  $C$ ), a quantidade de calor  $\Delta Q = m_A c_A (T_A - T_f)$  que foi cedida pela amostra (no caso a água de maior temperatura) é inteiramente recebida 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

$$Q_{cede} = Q_{recebe} \quad (32 (a))$$

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i). \quad (32 (b))$$

Aguarda-se a água e o calorímetro entrar em equilíbrio térmico que ocorre a 48,3°C (quando o termômetro no calorímetro pára 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 nesse 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).



Fonte: [https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf\\_kalorimetr&l=p](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kalorimetr&l=p)

Obtido 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  $\Delta q$ . Assim, para manter uma corrente  $i = \Delta q / \Delta t$  durante um tempo  $\Delta t$  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, ainda 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.

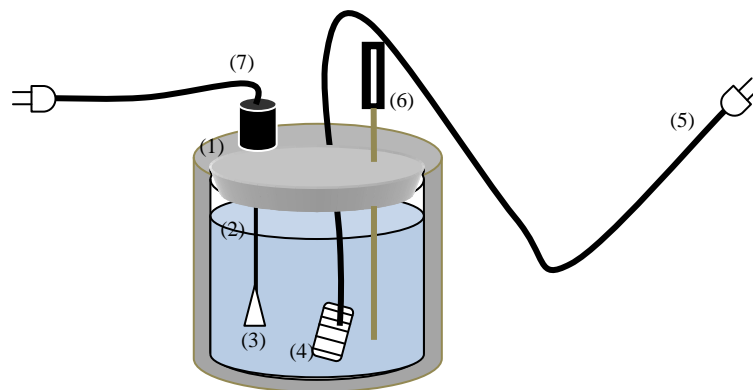
- **Calorimetria - Aplicação do Efeito Joule - Método 2**

Assim, no experimento de calorimetria, podemos obter a capacidade térmica do calorímetro, análoga a 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  $Q_{\text{cal}}$ ,

$$Q_{recebe} = m_{\text{água}} c_{\text{água}} \Delta T + C_{\text{calorímetro}} \Delta T, \quad (36(b))$$

De forma que a equação (32(a)) fica escrita na forma,

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

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

ou,

$$C_{\text{calorímetro}} = \frac{U^2}{Rk} - m_{\text{água}} c_{\text{água}}, \quad (37)$$

em que  $k = \frac{\Delta T}{\Delta t}$ . Que será obtido por meio da inclinação da reta do gráfico  $\Delta T$  versus  $\Delta t$ . Conhecido 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 a energia convertida durante uma hora a uma taxa de 1 quilowatt. A respectiva unidade representa a seguinte relação,

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow W = P\Delta t = E_{\text{elétrica}} \quad (38)$$

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

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 desse 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 de 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 às 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 possui 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 duas vistas diferentes, e (b) a de Foz do Iguaçu -PR.



(a)



(b)

Fontes: (a) <http://www.dttcolagrícola.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](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 essa está conectada aos denominados de gerador em sua última etapa. 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, provindos 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 fonte primárias de energia, utilizadas em grande escala atualmente.

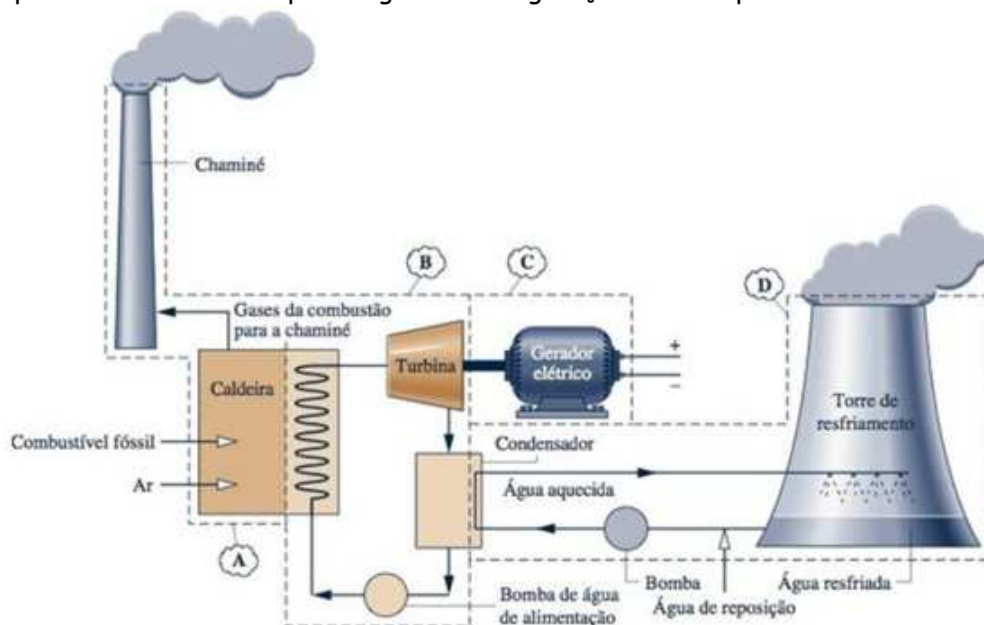
Para Kotz e Treichel apud Oliveira e Santos (1998), referem-se à energia potencial química como algo que as substâncias possuem devido às atrações e repulsões entre as partículas subatômicas, em que, esses conteúdos energéticos podem vir a ser alterados por meio de reações químicas entre seus átomos, fazendo assim, liberar ou absorver energia no curso da reação. Partindo desse princípio, Planas (2019) enumera alguns exemplos de energia potencial química, dentre elas, são 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 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, extraem 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 mecanicamente 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 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 um pressão mais baixa, desenvolvendo potência, uma vez que, sendo transmitido ao eixo da respectiva turbina, que é conectada 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 termoelétrica 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 a escassez hídrica, e seu

uso 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 transformações de energia é alto quando comparados com outros tipos, e possui dependência de recursos limitados.

Atualmente maior termoelétrica no Brasil, é a Porto de Sergipe I, situada m Barra dos Coqueiros em 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, e 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 como menos a variação da energia térmica, pode ser escrita 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)

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,

$$\Delta E_{térmica} + \Delta E_{mecânica} + \Delta E_{internas} = W_T \quad (41)$$

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 achar 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 da 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 a 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 no Encontro 3, por esse trabalhar com o gráfico enriquecendo mais a aula, mas caso não tenha um controle da temperatura no tempo, utilizar o **método 1**, em que pode-se seguir o método do simulador “Calorímetro – opção 1, proposto por Vladimir Vascak” apresentado no texto da Encontro 3 – referente a Figura 20, e 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. Pedir 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, voltar a chave na posição 02 e trocar para a posição 03 após a retomada do giro da roda da bicicleta.

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 24 (a)). Após

algum tempo pedalando aparece a mensagem "alimente-me" e o garoto pára 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\\_pt\\_BR.html](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](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 (provinda 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 a integridade dos estudantes, com também, 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 a entender toda a ideia de funcionamento do mecanismo, levando os alunos perceberem que a energia química oriunda dos alimentos será convertida em calor e em energia cinética do da roda da bicicleta, sendo que, essa energia da roda venha se transformar 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 a dúvida 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 relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade da 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 refere a 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 01 – Caso tenha** realizado esse método, como 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 se mostrar a equação e os cálculos a ser realizado. 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 02 –** 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/>.



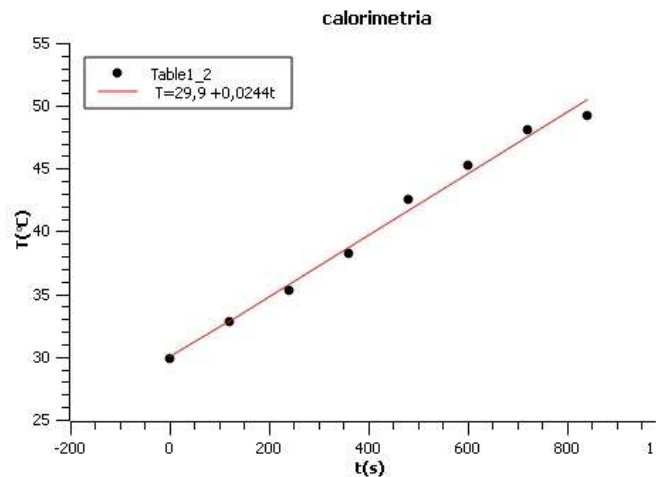
Sendo  $k = 0,0244 \text{ }^\circ\text{C/s}$ , o coeficiente angular. E, o valor de  $29,9^\circ\text{C}$  o coeficiente linear, que é a temperatura inicial em que começou a marcar o tempo, ou seja em  $0,00 \text{ s}$ .

Tabela 1 - Tabela dos valores da temperatura como 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),

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

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{U^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 \text{ (4,186)}$$

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

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{(14,07)^2}{(6,7)(0,0244)} - 200 \text{ (4,186)}$$

$$C_{\text{calorimetro}} = \frac{373,62 \text{ J}}{^\circ\text{C}}$$

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 esse, 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 com na disciplina de Física Experimental II no Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá.

- **Fechamento:** espaço para esclarecer a dúvida 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 relembrar o que foi visto nas aulas anteriores e dar continuidade da aplicação do PE.
- **Desenvolvimento:**
  - ✓ Aplicação do questionário avaliativo, Quadro 2, que 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 um Encontro complementar.

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 28/05/2021: *"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:

- 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 a do avaliativo que foi igual ao questionário diagnóstico estão apresentadas no texto do Encontro 1.

Quadro 7 – Gabarito da 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, 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 a dúvida dos alunos;
- **Avaliação:** participação dos alunos nas aulas e respostas do questionário avaliativo.

## Finalização da sequência didática

Para avaliar se, o que os alunos aprenderam, corrigir o Questionário, e analisar as principais dúvidas e dificuldades levantadas pelos alunos nas dinâmicas. Além de dar um e receber um retorno aos/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 aplicados 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 a 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 à realidade dos estudantes do Ensino Médio e a prática docente.

Propostas como essa, fazem surgir práticas que possibilitam repensar e refletir a forma de ensinar do Professor, uma vez que, esse 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, usa de organizadores prévios e conduz o aprendizado de forma que não seja mecânico, juntamente com as propostas apresentadas nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica da componente curricular Física, possibilitou que a aplicação da proposta sequência didática estruturada conforme diretriz de Antoni Zabala (Zabala, 1998) obtivesse sucesso.

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 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, o 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 então, o processo de ensino-aprendizagem. Por fim, deseja-se que ele venha também 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](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](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. Em breve, 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](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.

<b>Material Utilizado</b>	<b>Valor Aproximado</b>	<b>Outras Possibilidades/Sugestões</b>
(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

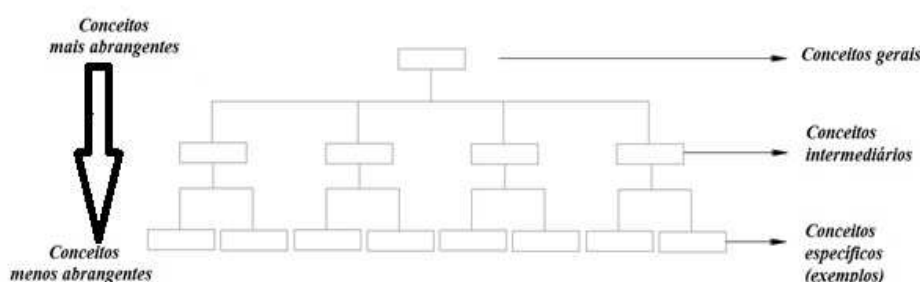
Apresentam-se neste apêndice, um texto auxiliar sobre mapas conceituais, uma seção Energia potencial elástica e sua relação com o trabalho realizado por um bloco para se deslocar entre duas posições, seguida de uma seção sobre a Lei da indução eletromagnética aplicada no sistema experimental, explicando 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.

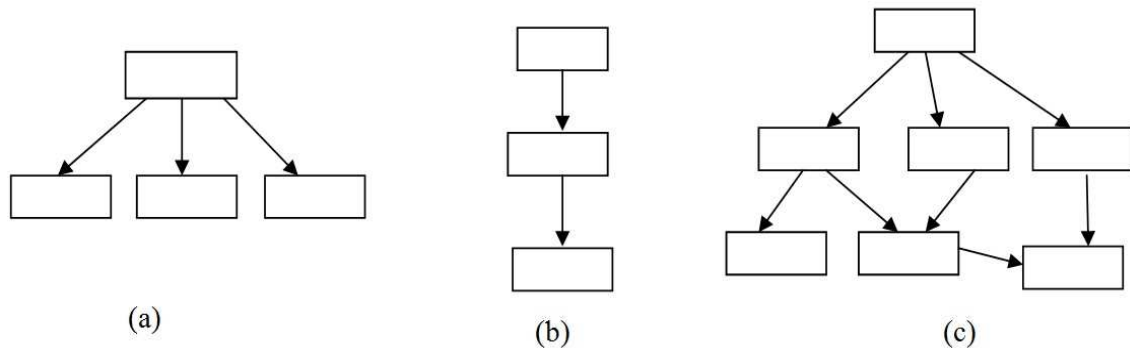
Os Mapas Conceituais foi desenvolvido no contexto da TAS de Ausubel, conforme citado por da Silva et al. (2017),

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 à 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, Paulo Correia et al. (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 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 usados, 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.

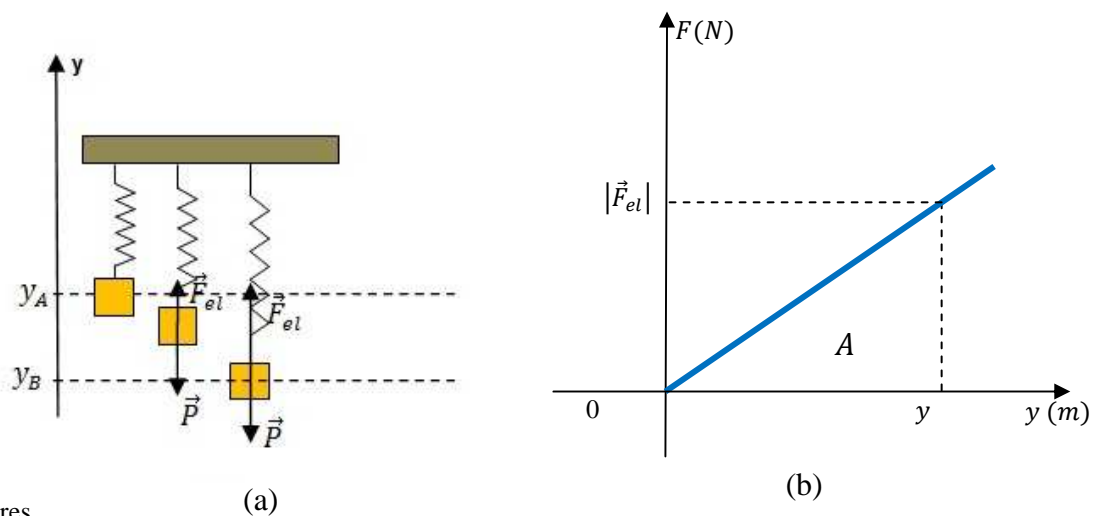
## II-2 - Energia Potencial Elástica ( $E_{el}$ )

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).

Figura II-3 - Esboço do gráfico da força versus deslocamento sofrida por uma mola acoplada a um bloco (Figura 17 (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: os autores

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  $\frac{ky^2}{2}$  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 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  $180^\circ$ , 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

Essa é uma lei que 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  $\varepsilon$ . Lenz percebeu que o fluxo ( $\phi_M$ ) se invertia dependendo do sentido do movimento do ímã, e sugeriu um sinal negativo na equação da força eletromotriz

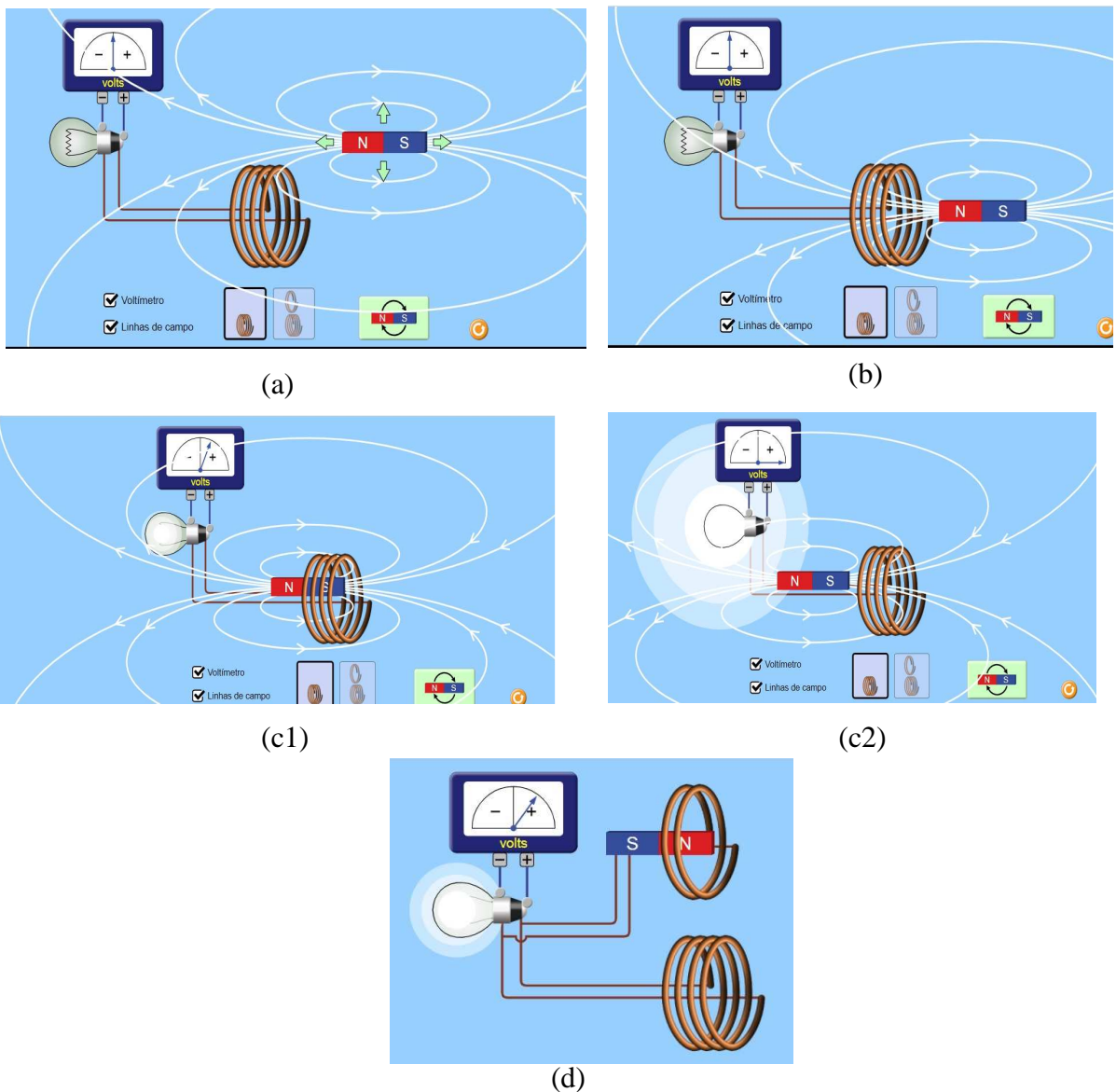
$$\varepsilon = -\frac{d\phi_M}{dt}. \quad (II - 4)$$

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](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](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.htm)

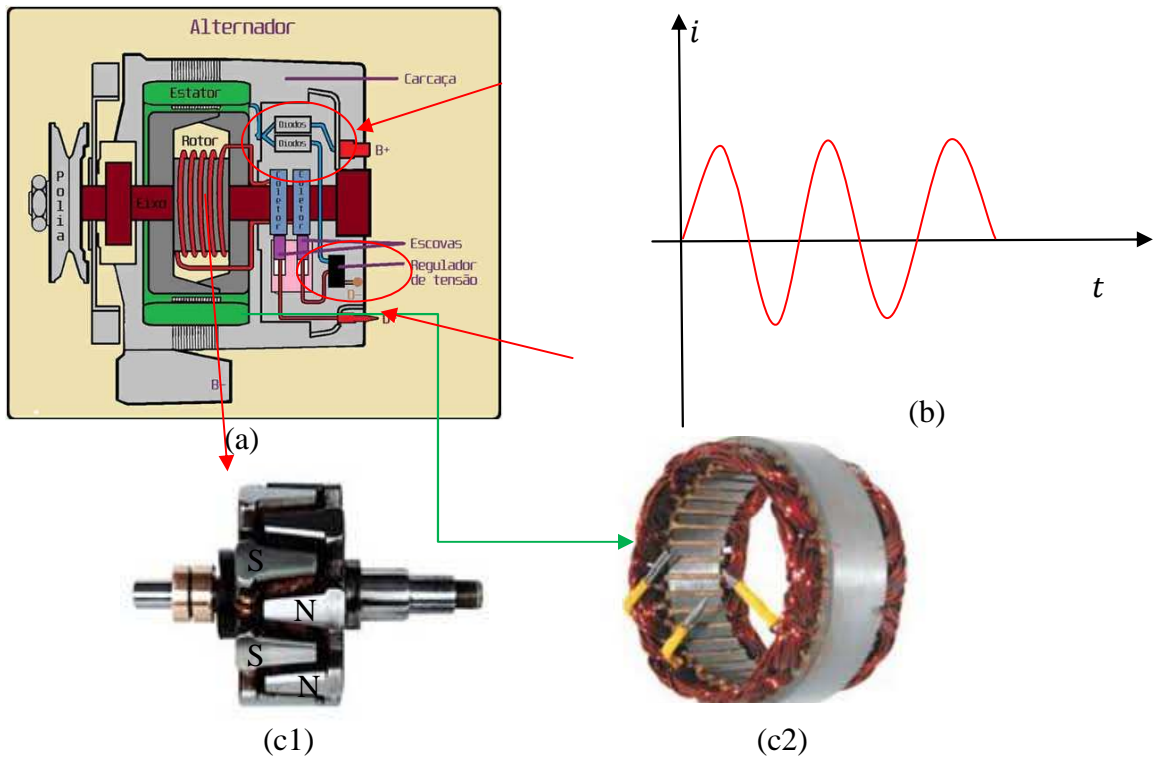


Em (a) ao marcar os itens aparecem as linhas de campo e o “voltímetro” na parte superior a esquerda. Em (b) ao colocar o ímã no centro da bobina e estiver parado, não gera corrente, a lâmpada está apagada. Movendo o ímã em movimento de vai e vem dentro da bobina (espira) ela acende e a intensidade varia (podendo ser verificada a tensão no “voltímetro”) dependendo da posição do ímã em relação a bobina como se pode ver em (c1) e (c2), e em (d) pode se observar que quanto menos espiras tem 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.

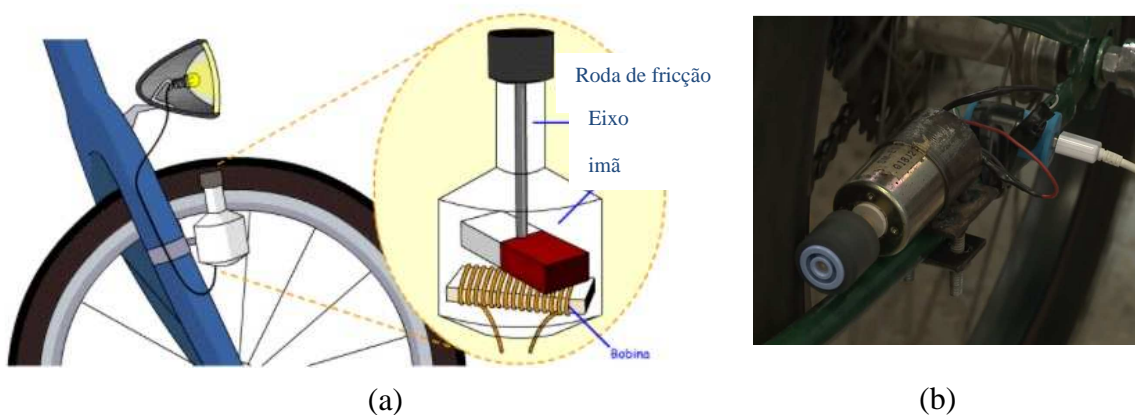
O efeito de repulsão e atração dessas cargas funciona como ímã, gerando uma corrente/tensão que não é constante, pois se repete a cada ciclo (cada  $360^\circ$ ), portanto, alternada. Esse tipo de tensão é do tipo que chegam nas tomadas de nossas residências com uma frequência de 60 Hz. Na Figura II-4 (b) mostra-se o esboço de um gráfico de corrente alternada.

Após a geração de tensão alternada os diodos (circulados e indicado 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, 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 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](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 alternador<sup>6</sup> (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-se 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 se 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 escolha do “gerador”, deveria considerar tais características.

A vista disso faz necessário explorar as especificidades de cada opção, mesmo que ambos 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.

Assim, 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, onde o 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

---

<sup>6</sup>Supõem-se pela descrição dada no painel apresentado no vídeo.

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 a sua ineficácia quando o veículo se encontrava em marcha lenta, foram substituídos 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.

## 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](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://fatosenoticias.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

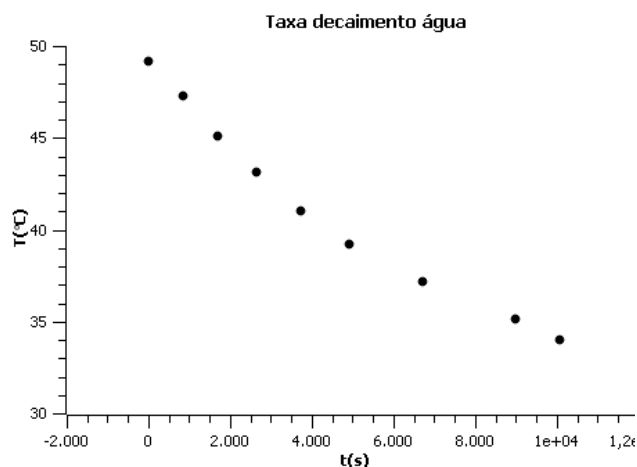
Outra sugestão é analisar a taxa de decaimento da temperatura no tempo - Posteriormente confeccionar o gráfico (Figura III-1) e analisar se o fluido, no caso a água se obedece a lei de resfriamento de Newton ou não. Para isso anote os dados da temperatura decrescendo de 2 em 2 graus anotando o respectivo 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 a 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, 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

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>.