



**JOÃO PAULO MALACRIDA**

**O USO DE SMARTPHONES NO ESTUDO DO CONTEÚDO  
ENERGIA**

MARINGÁ-PR  
Abril, 2021



## **O USO DE SMARTPHONES NO ESTUDO DO CONTEÚDO ENERGIA**

**JOÃO PAULO MALACRIDA**

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

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

MARINGÁ - PR  
Abril, 2021

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

M236u

Malacrida, João Paulo

O uso de *smartphones* no estudo do conteúdo energia / João Paulo Malacrida. --  
Maringá, PR, 2021.  
xiv, 140 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo.

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

1. Física - Ensino . 2. Energia - Atividades experimentais - Smartphones. I. Melo, Maurício A. Custódio de , orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

Marinalva Aparecida Spolon Almeida - 9/1094

# **O USO DE *SMARTPHONES* NO ESTUDO DO CONTEÚDO ENERGIA**

JOÃO PAULO MALACRIDA

Orientador:

Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

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

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo  
DFI/UEM

---

Prof. Dr. Celso Xavier Cardoso  
FCT/UNESP – Presidente Prudente

---

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini  
DCI/UEM

Maringá - PR  
Abril, 2021

Dedico este trabalho aos meus  
pais Neusa e Miguel.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Maurício A. Custódio de Melo, pela orientação nesse trabalho e pela paciência, mesmo estando em outro país ele manteve sua ótima orientação.

Agradeço também aos demais docentes do DFI da UEM, pelos ensinamentos e incentivos, em especial à professora Dra. Hatsumi Mukai pelas sugestões dadas para esse trabalho.

Agradeço aos diretores atuais do Colégio Estadual Branca da Mota Fernandes (ano de 2019), pois permitiram que eu aplicasse meu projeto em sala de aula.

Agradeço muito aos meus pais, Neusa e Miguel, pois eles sempre me incentivaram a estudar, inclusive durante esse mestrado.

Agradeço aos meus dois irmãos: Mariana e Miguel, e aos meus amigos Wellington, Tiago e Claudimar, pelo companheirismo e pelos incentivos.

Agradeço a todos os meus doze companheiros de mestrado (turma de 2019) pela amizade, companheirismo e conversas sobre o ensino de física.

Agradeço a Universidade Estadual de Maringá por oferecer esse programa de mestrado de forma gratuita.

Agradeço também a S.E.E.D. PR por ter me contratado como professor temporário de física durante cinco anos, isso me permitiu ensinar e aprender muita coisa.

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

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

*Que coisa incrível é um livro. É um objeto achatado feito de árvore com partes flexíveis nas quais nós imprimimos uma porção de rabiscos escuros e esquisitos.*

*Através dos milênios, um autor está falando claramente e silenciosamente dentro da sua cabeça, diretamente a você. A escrita talvez seja a maior das invenções humanas, unindo pessoas que nunca conheceram umas às outras, cidadãos de épocas distantes.*

*Os livros rompem os grilhões do tempo. Um livro é a prova de que os humanos são capazes de realizar magia.*

*- Carl Sagan in: Cosmos*

# RESUMO

## O USO DE *SMARTPHONES* NO ESTUDO DO CONTEÚDO ENERGIA

JOÃO PAULO MALACRIDA

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

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

O ensino de Física nas escolas vem despertando pouco interesse e motivação nos educandos, isso se deve, principalmente, pelo uso excessivo de aulas expositivas e de cálculos matemáticos, pela desconexão entre o ensino de Física e a realidade do aluno e pelo baixo uso da prática experimental. É necessário que novas metodologias sejam estudadas e utilizadas em sala de aula. Neste trabalho são propostas atividades experimentais desenvolvidas com o auxílio de *smartphones* para o estudo do conteúdo energia. A vantagem dessa proposta é que cada aluno poderá desenvolver a atividade experimental para compreender o referido conteúdo e, com isso, aprender Física de uma maneira mais atrativa. O produto educacional é um material elaborado para o professor de Física atual, podendo ser utilizado e aplicado em turmas de ensino médio regular ou profissional para verificar os conhecimentos prévios e para avaliar os alunos foi aplicado um questionário sobre o tema energia, esse material foi aplicado no começo e no final da aplicação do produto educacional. Os resultados obtidos foram analisados segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Ao ser aplicado, foi possível observar uma evolução de aprendizagem sobre o tema, além disso, os estudantes se sentiram mais motivados com esse tipo de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, *Smartphone*, Energia, Experimentos.

Maringá - PR  
Abril, 2021

# ABSTRACT

## THE USE OF SMARTPHONES IN THE STUDIES OF ENERGY

JOÃO PAULO MALACRIDA

Supervisor: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

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

Physics teaching in Secondary Schools has been drawing little interest and motivation among its students, this is due mainly to the excessive use of lectures and mathematical calculations, the disconnection between Physics teaching and the students' reality, and the scarce use of experimental practices. It is necessary that new methodologies become studied and used in the classroom. In this work, experimental activities are proposed, developed with the assistance of smartphones for the study of the energy subject. The benefit of this proposal is that each student would be able to develop the experimental activity in order to understand the referred content and, with that, being able to learn Physics in a more attractive way. The educational product is a material designed for the current Physics teachers, and can be used and applied in regular or professional High School classes. In order to verify previous knowledge and to evaluate students, a questionnaire was applied on the topic of energy, this material was applied at the beginning and at the end of the application of the educational product. The results obtained were analyzed according to David Ausubel's theory of meaningful learning. When applied, it was possible to observe an increasing of learning on the theme, in addition, students felt more motivated with this type of learning.

**Keywords:** Teaching Physics, Smartphone, Energy, Experiments

Maringá - PR  
April, 2021

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa conceitual sobre a Aprendizagem significativa.....	14
Figura 2.1 - Cópia da tela inicial do <i>Phyphox</i> em aparelhos <i>smartphones</i> diferentes.....	21
Figura 2.2 - Cópia da tela inicial do experimento de aceleração com $g$ .....	22
Figura 2.3 - Cópia da tela do resultado de um experimento de aceleração com $g$ .....	23
Figura 2.4 - Cópia da tela de exemplos do resultado do experimento “Colisão in(elástica)”, realizado com uma bolinha de <i>ping-pong</i> para fins ilustrativos.....	24
Figura 2.5 – Imagem: (a) do símbolo do <i>VideoShow</i> no <i>smartphone</i> , (b) da posição de um dos celulares no experimento de colisão in(elástica), indicando ainda a marca d’água.....	26
Figura 2.6 - Imagem de uma: (a) uma locomotiva, e (b) lâmpada acesa.....	29
Figura 2.7 - Imagens de tipos de usinas utilizadas para converter energia de uma forma à outra.....	30
Figura 2.8 - Imagem ilustrando sobre a questão de que se a queda de uma maçã se deve ao fato que ela possui energia armazenada.....	34
Figura 2.9 - Imagem ilustrando: (a) elásticos de dinheiro e (b) uma mola de caneta, ambos são capazes de se deformar.....	38
Figura 2.10 - Gráfico da força elástica ( $F_{el}$ ) versus a deformação da mola ( $x$ ) para uma mola específica. O coeficiente angular fornece o valor da constante elástica $k$ .....	39
Figura 2.11 - Exemplos de (a) situações onde há transformação de energia e (b) a conservação da energia mecânica na ausência de forças dissipativas.....	41
Figura 2.12 - Imagem fotográfica dos materiais utilizados para o Exp. 1.....	44
Figura 2.13 - Imagem da montagem do aparato experimental para o experimento do plano inclinado com o auxílio do <i>Phyphox</i> .....	48
Figura 2.14 - Desenho esquemático da montagem do Experimento 2.....	50
Figura 3.1 - Mapa conceitual sobre Energia elaborado com palavras ditas pelos alunos da turma 1 <sup>o</sup> A.....	54
Figura 3.2 - Imagem fotográfica do quadro referente ao resumo do texto feito em aula.....	55
Figura 3.3 – Imagem fotográfica do quadro referente ao resumo do texto feito em aula sobre energia cinética.....	56
Figura 3.4- Imagem fotográfica do quadro apresentando o resumo do texto sobre energia potencial elástica.....	60
Figura 3.5- Imagem fotográfica do quadro sobre o desenho da montagem experimental e equações utilizadas para calcular a energia dissipada.....	63

Figura 3.6 – Imagem fotográfica do quadro contendo o mapa conceitual sobre Energia elaborado com palavras ditas pelos alunos da turma 1 <sup>o</sup> A após aplicação do PE.....	65
Figura 4.1 – Imagem fotográfica do quadro do primeiro mapa conceitual realizado com a turma, na lousa e reproduzido digitalmente.....	66
Figura 4.2 – Imagem fotográfica do quadro do segundo mapa conceitual feito em aula, e da transcrição do quadro.....	67
Figura 4.3 –Resultado da análise de acertos inicial e final dos questionários aplicados nas duas turmas.....	70
Figura 4.4 – Resultado da análise percentual de acertos iniciais e finais da: (a) turma 1 <sup>a</sup> e (b) da turma 3 <sup>o</sup> IA, na questão 12.....	75

## LISTA DE QUADROS e TABELAS

Quadro 1.1 – Conceito de energia nos livros didáticos por componente curricular...	11
Quadro 1.2 – Unidades descritas para um mapa conceitual segundo Zabala.....	17
Quadro 2.1 – Resumo de sequência didática aplicada em sala de aula.....	27
Quadro 4.1 – Resumo de sequência didática aplicada em sala de aula.....	71
Tabela 4.1 – Análise do questionário inicial aplicado nas turmas 1ºA e 3ºIA.....	69
Tabela 4.2 – Análise do questionário final aplicado na turma 1ºA e 3ºIA.....	69
Tabela 4.3 – Análise da questão 12 de verdadeiro ou falso.....	71

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 ENERGIA</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Trabalho e Energia.....	6
1.1.2 Transferência de energia.....	9
1.1.3 Equivalência.....	9
1.1.4 Conservação de energia.....	9
1.1.5 Conceitos de Energia nos Livros Didáticos.....	11
<b>1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</b> .....	<b>13</b>
<b>2. PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2 APLICATIVOS UTILIZADOS</b> .....	<b>20</b>
2.2.1. Aplicativo para <i>smartphone</i> – <i>Phyphox</i> .....	20
2.2.2. Aplicativo para <i>smartphone</i> – <i>VideoShow</i> .....	25
<b>2.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>26</b>
2.3.1 Planos de Aula.....	28
<b>3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1 AULA 1</b> .....	<b>53</b>
<b>3.2 AULA 2</b> .....	<b>54</b>
<b>3.3 AULA 3</b> .....	<b>56</b>
<b>3.4 AULA 4</b> .....	<b>57</b>
<b>3.5 AULA 5</b> .....	<b>58</b>
<b>3.6 AULA 6</b> .....	<b>59</b>
<b>3.7 AULA 7</b> .....	<b>60</b>
<b>3.8 AULA 8</b> .....	<b>61</b>
<b>3.9 AULAS 9 e 10</b> .....	<b>61</b>
<b>3.10 AULA11</b> .....	<b>63</b>
<b>3.11 AULA12</b> .....	<b>64</b>

<b>4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
<b>4.1 ANÁLISE MAPAS CONCEITUAIS.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADO AOS ALUNOS.....</b>	<b>69</b>
4.2.1 A energia é encontrada apenas em seres vivos.....	71
4.2.2 A energia é uma força.....	72
4.2.3 A energia pode ser armazenada.....	72
4.2.4 A energia é o produto de alguma atividade.....	72
4.2.5 A energia faz com que as coisas aconteçam.....	73
4.2.6 A energia pode ser transformada.....	74
4.2.7 A energia está associada somente ao movimento.....	74
4.2.8 Uma pedra parada no topo de uma montanha não possui energia armazenada.....	74
4.2.9 O decaimento radioativo fornece um tipo de energia.....	75
<b>4.3 BREVE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA.....</b>	<b>76</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>87</b>

## INTRODUÇÃO

Saviani (1996) diz que toda a educação, de uma maneira geral, pode ser entendida como toda forma de conhecimento que é transmitida para tornar os educandos aptos a estarem em sociedade. Isso se aplicaria a todas as componentes curriculares e até mesmo ao convívio que os alunos têm na escola. No entanto, observa-se que, ao longo dos muitos anos, muitas das componentes curriculares foram tratadas apenas como parte do currículo escolar, sem ser dada a real importância da mesma no aspecto social e modificador do meio, e isso não é diferente com o ensino de Física.

Quando falamos de Física em sala de aula, nos deparamos com uma grande barreira frente aos educandos que se encaixa na idade para o ensino dessa componente curricular, por acreditarem se tratar de um conteúdo apenas de cálculos que caminha sempre lado a lado da Matemática, outra componente curricular que é apontada como uma das mais difíceis por alunos em todos os níveis de ensino (COSTA; BARROS, 2015).

São muitos os pontos a serem levados em consideração aqui. Um deles é que, de acordo com Costa e Barros (2015), o ensino de Física no Brasil, de um modo geral, está fortemente influenciado pela ausência da prática experimental, dependência excessiva do livro didático, método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado e preparação desconectada das realidades do professor, exemplificando assim a dificuldade de se trabalhar tal componente curricular em sala de aula.

Um dos conteúdos trabalhados em sala de aula no contexto da Física é a **energia**. Trata-se de um conhecimento fundamental e muito atual, e por isso de grande importância para os educandos. No entanto, como dito anteriormente, o ensino desse conteúdo, de um modo geral, vem esbarrando nas dificuldades encontradas na maior parte das escolas do Brasil, tornando a aquisição de conhecimentos somente mecânica.

Os *smartphones* foram produzidos para garantir a comunicação e a conexão de pessoas e empresas de forma ágil e moderna. No entanto, nos dias atuais, vemos que os mesmos podem ser utilizados para outras diversas funções, inclusive

em sala de aula, com aplicativos modernos que auxiliam em diversas atividades, desde cálculos, correspondências de palavras, medição de temperatura, aceleração, posição, ângulo, campo magnético, proximidade, intensidade de som e luz e tantos (as) outros (as). Daí a importância do uso do mesmo neste trabalho. Da experiência do uso de *smartphone* em sala de aula, Rocha et al. (2015, p. 49), conclui:

Por fim, os estudantes se dedicaram às experiências científicas, ao mesmo tempo em que se divertiam, fazendo do processo, descobertas muito mais dinâmicas e atrativas. Outro motivo agregador é o fato dos estudantes possuírem seus próprios aparelhos, proporcionou aos mesmos uma maneira de inserir a Ciência em sua realidade, e oportunizou que estes repetissem a experiência de maneira autônoma no exterior da escola, possibilitando novas descobertas e disseminando o conhecimento entre seus pares, além de divulgar o conhecimento construído em suas redes sociais. (ROCHA et al., 2015, p. 49).

O uso da tecnologia é, então, um ponto muito relevante para que ocorra um aprendizado significativo (DULLIUS, 2009). E são muitos os autores que se debruçam para discutir sobre essa importância.

Ausubel, em seu trabalho de 1965 pontuou que:

Novos significados são adquiridos quando símbolos, conceitos e proposições são relacionados e incorporados à estrutura cognitiva de uma forma não arbitrária e substantiva. Desde que a estrutura cognitiva tende a ser hierarquicamente organizada com respeito ao nível de abstração, generalidade e inclusividade, aparecimento de novos significados reflete a "subsunção" de um material potencialmente significativo por um conteúdo mais inclusivo. Por outro lado, pode existir também uma situação na qual o novo material que é apreendido é uma extensão, elaboração ou qualificação de conceitos previamente aprendidos (AUSUBEL, 1965, p. 16).

Nesta perspectiva, a aprendizagem significativa é um processo cognitivo no qual o conceito de mediação está plenamente presente, e uma das formas de mediar e até mesmo tornar mais significativo o aprendizado é o uso de mapas conceituais. Os mapas conceituais são "diagramas hierarquizados que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina" (MOREIRA; BUCKWEITZ, 1982. p. 45).

Dessa forma, o presente trabalho, antes mesmo de propor qualquer relação com o ensino de Física no Brasil, buscou por meio de pesquisa por meio de um levantamento bibliográfico, questionário aplicado a duas turmas do ensino médio e análise de mapas conceituais elaborados por alunos, compreender o que os mesmos já sabem sobre o assunto Energia. Tendo como objetivo analisar de que

forma esses alunos elaboram e dissertam sobre o assunto, bem como correlacionar as respostas dadas pelos mesmos com o conhecimento que temos sobre o assunto e as ideias básicas do conteúdo encontrado na literatura. Isso permitiu construir e fazer aplicação de uma sequência didática cujo tema central é energia e suas formas possíveis, sendo que a principal atividade desta sequência de atividades é uma experiência realizada com o auxílio do *smartphone*.

# 1. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

O termo energia costuma ser muito utilizado na sociedade contemporânea, principalmente quando se fala de energia elétrica. Porém, qual o exato significado desse termo? Na Ciência, ainda não há uma definição exata para ele, embora muitos autores e cientistas buscaram essa definição ao longo do tempo. Nesse capítulo será feita uma análise bibliográfica sobre o tema energia e sobre outros importantes termos que se associam a ela.

## 1.1 ENERGIA

A palavra energia vem do grego ἐνέργεια (*energeia*), que surge como conceito ligado à Física pela primeira vez, provavelmente, definido por Aristóteles (384 a.C - 322 a.C). Diferentemente da definição moderna, *energeia* era uma palavra que incluía ideias como atividade, operação e até felicidade e prazer.

O conceito de energia surgiu da ideia de *vis viva* (força viva), que Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 - 1716) definiu como o produto da massa de um objeto e sua velocidade ao quadrado. Ele acreditava que o total de *vis viva* era conservado. Leibniz desenvolveu conceitos que correspondem ao nosso conhecimento atual da energia mecânica cinética e potencial, no entanto, ele não empregou o termo "energia" (ROONEY, 2013).

Em 1740, Émilie Marquise du Châtelet publicou o livro *Institutions de Physique*, no qual incorporou a ideia de Leibniz com observações de Gravesande para demonstrar que a "energia cinética" de um corpo em movimento é proporcional a sua massa e sua velocidade ao quadrado.

O termo energia foi novamente aproveitado por Thomas Young em uma publicação de 1807, onde escreveu que "o produto da massa de um corpo no quadrado de sua velocidade pode ser adequadamente denominado energia" (YOUNG, 1845, p. 34)

Finalmente, em 1829, Gustave-Gaspard Coriolis apresentou a *energia cinética* em seu sentido atual, e somente em 1853, William Rankine cunhou o termo *energia potencial* (HECHT, 2003).

Por alguns anos foi discutido se a energia era uma substância (calórica) ou apenas uma quantidade física. Um entendimento completo do que seja precisamente a energia e seu funcionamento não se tem até hoje (ROONEY, 2013).

De acordo com Hierrezuelo e Molina (1990), energia é:

“uma propriedade ou atributo de todo corpo ou sistema material em virtude do qual pode ser transformado, modificando sua situação ou estado, bem como atuando sobre outros se originando em processos de transformação” (HIERREZUELO; MOLINA, 1990, p. 23),

ou seja, energia é uma propriedade física que todo sistema material possui, e essa propriedade pode ser transformada, e isso altera o estado do sistema material. Segundo Halliday (2012):

Energia é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos. Se uma força muda um dos objetos, fazendo-o entrar em movimento, por exemplo, o número que descreve a energia do sistema varia. Após um número muito grande de experimentos, os cientistas e engenheiros confirmaram que se o método através do qual atribuímos números à energia é definido adequadamente, esses números podem ser usados para preverem os resultados de experimentos e, mais importante, para construir máquinas capazes de realizar proezas fantásticas, como voar. (HALLIDAY, 2012, p.94).

Para esse autor, energia pode ser considerada um número e esse número pode variar na medida em que o objeto que a contém sofre ação de alguma força, e ao analisar esses números, os cientistas podem prever determinados resultados experimentais e construir máquinas úteis para a sociedade.

Em seu trabalho, Lino (2016) faz uma análise na literatura sobre possíveis definições para a energia, segundo ele:

Podemos encontrar na literatura quatro espécies de definições de energia:

- a) Capacidade de realizar trabalho;
- b) Como uma transferência;
- c) Como um princípio matemático;
- d) Como uma equivalência.

(LINO, 2016, p.32).

São quatro definições distintas entre si, cada uma possui implicações específicas na Ciência. Tais definições podem estar ilustrando a dificuldade em definir essa grandeza e o fato de ainda não haver um consenso entre sobre o que exatamente é a energia. Os itens a, b, c e d serão apresentados a seguir.

### 1.1.1 Trabalho e Energia

O trabalho  $W$  realizado por uma força qualquer  $\vec{F}$  sobre um objeto em um deslocamento  $d\vec{r}$  é definido por:

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (1.1)$$

Para uma força constante aplicada  $\vec{F}_x$  na mesma direção e sentido<sup>1</sup> do deslocamento  $d\vec{x}$ , têm-se<sup>2</sup>:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} \vec{F}_x \cdot d\vec{x} = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \cos \theta = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \cos(0^\circ) = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx. \quad (1.2)$$

Sendo  $F = ma$ , quando é realizado um trabalho  $W$  sobre um sistema e a única mudança ocorrida nele é em sua velocidade escalar,

$$W = \int_{x_i}^{x_f} ma dx = m \int_{x_i}^{x_f} \frac{dv}{dt} dx = m \int_{v_i}^{v_f} v dv = m \frac{v_f^2}{2} - m \frac{v_i^2}{2}. \quad (1.3)$$

Nos cursos introdutórios, e considerando a força constante, temos da equação (1.2) que o trabalho  $W = F\Delta x = ma \Delta x$ . Substituindo a aceleração  $a$  da equação  $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$  na equação acima do trabalho  $W = ma \Delta x$  obtem-se a equação (1.3).

Definindo na equação (1.3) a quantidade  $m \frac{v^2}{2}$  como a energia cinética, pois depende somente da massa e da velocidade do corpo/sistema:

$$E_c = m \frac{v^2}{2}, \quad (1.4)$$

sua unidade no sistema internacional (SI) é Joule (J). Assim, o trabalho resultante sobre o corpo/sistema é igual à variação na sua energia cinética  $E_c$  (COLUCCI, 2009), portanto a Eq. (1.3) fica escrita na forma:

$$W = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i}, \quad (1.5)$$

em que  $E_{c_f}$  é a energia cinética final e  $E_{c_i}$  é a energia cinética inicial. A equação (1.5) é denominada de teorema trabalho-energia. Como o trabalho está em função da energia cinética sua unidade também é Joule (J) no SI.

<sup>1</sup> Caso o sentido fosse oposto o ângulo entre a força aplicada e o deslocamento seria de  $180^\circ$ .

<sup>2</sup> Utilizando a definição de produto escalar:  $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta = AB \cos \theta$ , sendo  $\theta$  o ângulo entre o vetor  $\vec{A}$  e o vetor  $\vec{B}$ .

Existe outro tipo de energia denominada de energia potencial  $E_p$ . Sendo essa uma forma de energia que pode ser armazenada por um corpo e está associada com a configuração (ou arranjo) de um sistema de corpos, que exercem forças uns sobre os outros. Se existe uma mudança nesta configuração, a energia potencial pode mudar.

Esse tipo de energia está associada às forças conservativas, como a força gravitacional ( $\vec{P} = m\vec{g}$ ) e a força elástica ( $\vec{F} = -k\vec{r}$ ). O trabalho realizado por essas forças em um percurso fechado é nulo, e independe da trajetória, ou seja, uma força cuja ação não depende do caminho percorrido pelo corpo, depende somente das posições, final e inicial do corpo, logo do

Adotando a situação em que a força na Eq. (1.1) é dada pela força peso, cuja intensidade é representada por:  $P = m g$ . Adotando o movimento unidimensional na direção vertical (y) e a orientação de  $180^\circ$  visto que a força peso está oposta sentido do deslocamento do corpo:

$$W = \int_{y_i}^{y_f} mg dy \cos(180^\circ) = -mgy_f + mgy_i.$$

Sendo a quantidade  $mgy$  definida como a energia potencial gravitacional:

$$E_{p_g} = mgy, \quad (1.6)$$

a equação (1.6) torna-se:

$$W = -(E_{P_f} - E_{P_i}) = -\Delta E_{P_g}, \quad (1.7a)$$

em que  $W$  é o trabalho,  $E_{P_f}$  é a energia potencial final,  $E_{P_i}$  é a energia potencial inicial, e  $\Delta E_{P_g}$  é a variação da energia potencial no caso a gravitacional.

Caso fosse a força elástica, sistema massa-mola, também adotando um movimento unidimensional na direção de  $x$ :

$$W = \int_{x_i}^{x_f} -kx dx = -\frac{k}{2}(x_f^2 - x_i^2) = -\Delta E_{p_{el}}. \quad (1.7b)$$

O sinal negativo é devido à força elástica atuar oposta ao sentido do movimento por ser uma força restauradora, tal que  $\theta = 180^\circ$  na equação (1.2). E, considerou-se que:

$$E_{p_{el}} = \frac{1}{2}kx^2,$$

é a energia potencial elástica.

Portanto para forças conservativas (Equações (1.7 a) e (1.77b)):

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

Analisando agora um sistema em que envolva somente de forças conservativas, e utilizando as Eqs. (1.5) e (1.8) temos que:

$$\begin{aligned} \Delta E_c &= -\Delta E_p \\ E_{c_f} - E_{c_i} &= -(E_{p_f} - E_{p_i}). \end{aligned}$$

Rearranjando, temos,

$$E_{c_f} + E_{p_f} = E_{c_i} + E_{p_i}. \quad (1.9)$$

A soma da energia cinética e da energia potencial é chamada de energia mecânica  $E_m$ ,

$$E_m = E_c + E_p. \quad (1.10)$$

Assim, a Eq. (1.9) fica escrita na forma,

$$E_{m_f} = E_{m_i}, \quad (1.11)$$

isto é, a energia mecânica total inicial é igual à energia mecânica total final, que nos conduz a Lei de conservação de Energia Mecânica:

$$\Delta E_m = 0. \quad (1.12)$$

Essa lei de conservação somente é válida para sistemas conservativos, ou seja, em que haja ausência de forças dissipativas, como a força de atrito.

Supondo que haja forças dissipativas no sistema, como por exemplo, a força de atrito  $f_a$ , o trabalho total no sistema  $W_{Total}$  que envolva as forças conservativas e não conservativas pode ser escrita na forma:

$$W_{Total} = W_{fa} + W_{conserv.}$$

em que  $W_{fa}$  é o trabalho realizado pela força de atrito e  $W_{conserv.}$ . Usando as Eqs. (1.5) e a (1.8):

$$W_{fa} = \Delta E_m. \quad (1.13)$$

Como  $W_{fa} < 0$ , a energia mecânica final  $E_m$  é menor que a inicial.

A força de atrito realiza um trabalho negativo sobre o sistema, conseqüentemente ela deverá diminuir a energia mecânica do sistema. Essa energia mecânica perdida se converter, por exemplo, em energia interna. (HALLIDAY, 1982).

### 1.1.2 Transferência de Energia

Em uma transferência de energia, a energia transfere-se de uma fonte para um receptor. Nessa transferência de energia, a fonte cede energia e o receptor recebe energia. A energia não se cria nem se perde, transfere-se entre sistemas e mantém-se constante.

No caso de uma colisão de dois corpos, um corpo transfere a energia para o outro corpo. Vale lembrar que a energia cinética será conservada somente para colisões elásticas.

### 1.1.3 Equivalência

A equivalência massa-energia é o conceito de que qualquer massa possui uma energia associada, assim como a Energia pode ser associada à massa. A expressão da equivalência massa-energia é:

$$E = mc^2. \quad (1.14)$$

em que  $E$  é a energia,  $m$  é a massa e  $c$  a velocidade da luz no vácuo (cerca de  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ). A equivalência acima é atribuída a Albert Einstein, que a publicou no artigo *Ist die Traegheit eines Koerpers von seinem Energieinhalt abhangig?* (*A inércia de um corpo depende da sua quantidade de energia?*). Einstein não foi o primeiro a sugerir a relação entre massa e energia, e várias equações similares surgiram antes, mas ele foi o primeiro a propor que a equivalência de massa e energia é um princípio geral na Física.

Na Física Nuclear, Física De Partículas Elementares e Astrofísica, a equivalência de massa e energia é evidente. Devido a energia de ligação liberada durante sua formação, a massa dos núcleos atômicos é quase um por cento menor do que a soma das massas de seus componentes. Ao aniquilar uma partícula com sua antipartícula, toda a energia contida na massa da partícula pode até ser convertida em energia de radiação.

### 1.1.4 Conservação de Energia

Feynman (2008) apresenta uma definição interessante sobre o princípio de conservação de energia. Segundo o autor, é um princípio matemático exato e de

definição abstrata, onde a quantidade de energia não se altera durante suas transformações. O autor ainda faz uma analogia com uma partida de xadrez, em suas palavras “[...] é algo como um bispo numa casa vermelha, após uma sequência de movimentos ele ainda continuará numa casa vermelha. Esta é uma lei dessa natureza” (FEYNMAN, 2008, p.39). Numa partida de xadrez, o bispo se movimenta na diagonal mantendo-se sempre nas casas de mesma cor que se encontrava no início do jogo, então o bispo poderá fazer vários movimentos durante uma partida, mas ele ainda permanecerá numa casa da mesma cor em que iniciou o jogo; isso pode ser considerado uma analogia ao princípio da conservação da energia, pois mesmo depois de várias transformações de tipos de energia, a quantidade de energia final será igual à quantidade de energia inicial.

O autor cita as formas possíveis da energia, que ela possui um “grande número de formas, e há uma equação para cada uma delas. Elas são: energia gravitacional, energia cinética, calor, energia elástica, energia elétrica, energia química, energia de radiação, energia nuclear, e massa” (FEYNMAN, 2008, p.39). Um dos objetivos da Física é estudar as formas de energia e suas relações com outras grandezas. São várias formas possíveis para a energia, e cada uma tem uma equação específica.

O mesmo autor ainda afirma que é “importante dizer que na física, nós não temos conhecimento do que é a energia” (FEYNMAN, 2008, p.39). Mesmo com a dedicação de vários cientistas ao longo de vários séculos, ainda não há uma definição exata do que é energia. É alguma coisa “abstrata no sentido de que ela não nos diz qual é o mecanismo ou razões para a existência das várias formas” (FEYNMAN, 2008, p.39), ou seja, ainda não está bem definido o porquê existem variadas formas de energia na natureza.

Solomon (1985) também define o princípio da conservação da energia:

Em todas as transformações de energia que ocorrem em um sistema isolado, maneira em que a energia é apresentada, mas não altera a quantidade total de energia, isto é, a energia antes da transformação é a mesma que existe após a transformação, somente que será localizado em diferentes partes (SOLOMON, 1985, p. 165).

Segundo o autor, independentemente da quantidade de transformações possíveis para a energia, a quantidade de energia de antes das transformações será a mesma de após as transformações.

Percebe-se que definir energia e o princípio de sua conservação não é algo trivial. Mesmo após séculos de análise, ainda não é conhecida uma definição precisa sobre o conceito de Energia no meio científico. Existem algumas tentativas de definição, mas boa parte delas recai sobre o princípio da conservação da energia, um princípio exato que afirma que a quantidade de energia antes das transformações possíveis será exatamente igual a quantidade de energia após as transformações.

A lei chamada de conservação de energia guia todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje, sem exceção. Portanto, é a base de toda a mecânica newtoniana, relativística e quântica. Declara que existe certa quantidade, chamada especificamente de energia, que não se modifica após inúmeras transformações pelas quais a natureza passa. Essa é uma concepção muito abstrata, visto que é um princípio matemático. Diz que existe uma quantidade numérica que não se modifica quando algo acontece. Não é algo concreto ou a descrição de um mecanismo; é só um número muito especial e específico que calculamos antes de um evento e quando calculamos depois do evento, o número é o mesmo.

### 1.1.5 Conceitos de Energia nos Livros Didáticos

Araújo e Nonenmacher (2009) mostram um trabalho com os conceitos de energia nos livros didáticos nos componentes curriculares Biologia, Física e Química, que é apresentado no Quadro 1.1.

**Quadro 1.1** – Conceito de energia nos livros didáticos por componente curricular.

<b>BIOLOGIA</b>
<b>BIO. 01:</b> “Em uma cadeia alimentar, a matéria e a energia presentes nos produtores são transferidos, pela via da alimentação, para os consumidores secundários e assim por diante”.
<b>BIO. 02:</b> “Há um fluxo unidirecional de energia, que vai dos produtores para os consumidores”.
<b>BIO. 03:</b> “A melhor maneira de representar tanto a produtividade de um ecossistema, como a importância dos decompositores, da matéria orgânica armazenada e da matéria orgânica importada ou exportada é o modelo de fluxo energético” (...) “Pode ser utilizado como esqueleto básico para representar qualquer sistema”.
<b>BIO. 04:</b> “Nos ecossistemas e na biosfera como um todo, não existe ciclo, mas sim fluxo unidirecional de energia.”
<b>BIO. 05:</b> “Ao obter alimento qualquer organismo estará adquirindo energia (...)”. “Conclui-se que

existe um fluxo contínuo de alimento - isto é de energia e de matéria - dos produtores até os decompositores (...). "A energia apresenta um fluxo decrescente ao longo da cadeia alimentar."

### FÍSICA

**FÍS. 01:** "Um corpo possui energia quando for capaz de realizar trabalho".

**FÍS. 02:** "Energia esta relacionada à capacidade de produzir movimento (...), um dos princípios básicos da física diz que 'a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída'".

**FÍS. 03:** "Embora a ciência não seja capaz de dizer o que é energia, essa é uma das palavras preferidas por todos os que pretendem dar a seu discurso uma conotação científica. Energia é alguma coisa que parece estar em todo lugar, com os mais diversos significados, quase sempre inadequados do ponto de vista científico."

**FÍS. 04:** "A combinação de energia com matéria forma o universo: matéria é substância e energia é o que move a substância" (...) "É difícil defini-la, pois ela não é apenas uma coisa, mas uma coisa e um processo juntos" (...) "Geralmente observamos a energia apenas quando ela está sendo transferida ou transformada".

**FÍS. 05:** "O conceito de energia é importante porque pode relacionar uma grande variedade de fenômenos (químicos, elétricos, mecânicos, luminosos, etc.), estabelecendo uma espécie de 'moeda universal' da física. Embora a física não tenha uma definição completa e acabada para o conceito de energia, seus diferentes tipos ou formas estão muito bem caracterizados e podem ser calculados."

### QUÍMICA

**QUÍ. 01:** "Podemos conceituar energia como tudo aquilo que pode modificar a matéria, provocar ou anular movimentos e, ainda, causar sensações".

**QUÍ. 02:** "Energia é a capacidade de realizar trabalho, é tudo o que pode modificar a matéria, por exemplo, na sua posição, estado físico, natureza química. É também tudo o que pode provocar ou anular movimentos e causar deformações".

**QUÍ. 03:** "É difícil definir energia por se tratar de algo imaterial, mas nem por isso duvidamos de sua existência de fato, até hoje ninguém viu a energia elétrica passando por um fio, mas mesmo assim evitamos o contato direto com fios desencapados. Costuma-se dizer que: 'energia é a propriedade de um sistema que lhe permite realizar um trabalho.'"

**QUÍ. 04:** "A energia é definida como a capacidade de realizar trabalho, de transformação, que pode ser aplicada à luz, ao movimento, ao som, ao magnetismo, as reações químicas, enfim, a qualquer processo que envolva uma mudança."

**QUÍ. 05:** "O termo energia vem do grego *energéia*, que significa força em ação. Como há apenas uma definição para o conceito físico, podemos considerar em nosso estudo, o conceito clássico de que energia é a propriedade de um corpo, substância ou sistema de realizar trabalho".

**Fonte:** ARAÚJO; NONENMACHER, 2009, p. 5.

De um modo geral, o conceito de energia é tratado na Biologia como se fosse um fluxo contínuo, presente nos seres vivos por meio da cadeia alimentar. Percebe-

se que em nenhuma das obras se buscou definir o conceito de energia na ciência e nenhuma delas aborda o tema da conservação de energia. Procurou-se somente incluir o termo 'energia' e 'matéria' dentro da cadeia alimentar dos seres vivos.

Na Física três obras mencionaram o fato de o conceito 'energia' não ter ainda uma definição exata no meio científico. Somente uma das obras apresentou a energia como sendo a capacidade de realizar trabalho. Em algumas das obras foram mencionadas possíveis formas que a energia pode assumir. Por fim, vale ressaltar que três obras relacionaram a definição de energia com o princípio de sua conservação.

Na Química, quatro obras analisadas definiram Energia como sendo a capacidade de realizar trabalho útil. Em algumas obras o termo energia é relacionado com matéria e com energia química. Foi possível verificar, em algumas obras, uma abordagem da energia relacionando-a com fenômenos da Física. Não foi verificada nenhuma relação direta entre as definições e o princípio da conservação de energia.

## **1.2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

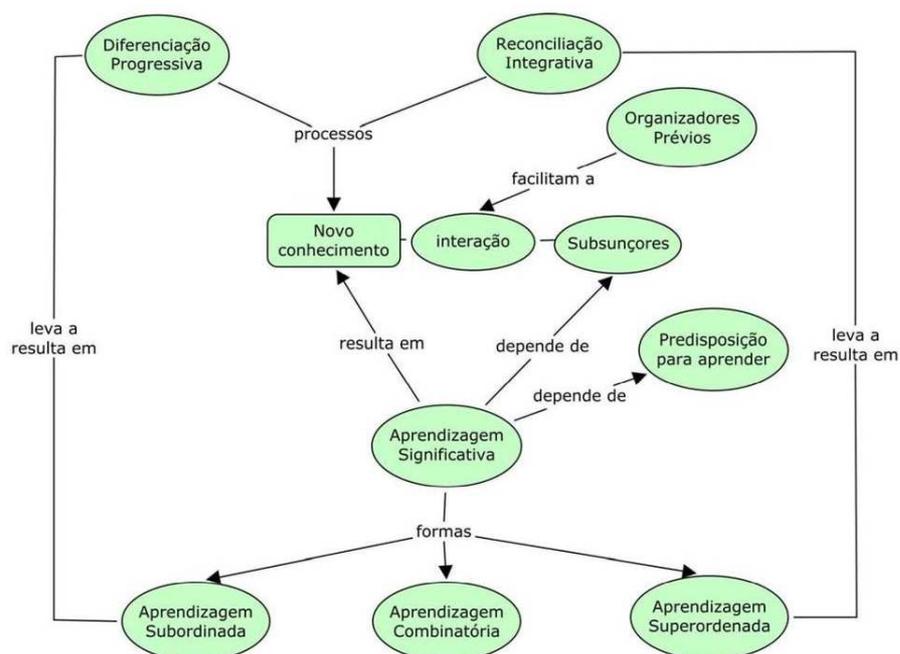
As ideias aqui apresentadas sobre aprendizagem significativa, sequência didática e mapa conceituais serão utilizados intensamente durante o desenvolvimento do trabalho.

Segundo Prass (2012), a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é uma teoria cognitivista, que explica os mecanismos da mente humana com relação ao que o sujeito aprende.

Ainda segundo Prass (2012), a aprendizagem significativa surge quando novas ideias se relacionam (de forma não arbitrária) com as ideias que o sujeito já possui. A forma não arbitrária indica que há uma relação lógica entre a nova ideia e as ideias que o sujeito já possui.

Na Figura 1.1 apresenta-se um mapa conceitual proposta por Moreira e Buckweitz (1993) sobre a Aprendizagem Significativa.

**Figura 1.1-** Mapa conceitual sobre a Teoria de Aprendizagem Significativa.



**Fonte:** MOREIRA, M.A.; BUCKWEITZ, B.,1993.

A predisposição para aprender é uma parte muito importante na teoria da aprendizagem significativa, no caso, o aluno tem que desejar aprender de forma significativa, evitando a aprendizagem mecânica (que resulta apenas em uma memorização de curto prazo).

Além da predisposição para aprender (Figura 1.1), Moreira (2016) vai além dessa definição em Prass e inclui o termo 'subsunçor' na sua definição de aprendizagem significativa, segundo ele:

O "subsunçor" é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "ancoradouro" a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (i.e., que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação). (MOREIRA, 2016, p.7).

Um subsunçor é uma ideia que o sujeito já possui, ou seja, é um conhecimento já existente na mente do sujeito, e essa ideia pode servir de ancoradouro para novas ideias ou novas informações.

De acordo com Moreira (2016), a aprendizagem significativa acontece quando o sujeito adquire uma nova informação, e ela deverá se ancorar em subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito.

Moreira (2016) cita um exemplo de uma aprendizagem significativa na Física, segundo ele, suponha que um aluno já possua uma boa compreensão dos conceitos de força e campo, nesse caso, esses conhecimentos serão subsunçores para novos conhecimentos como, por exemplo, para aprender sobre a força eletromagnética.

Esse processo de aprendizagem resultará numa alteração dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Porém, esses subsunçores podem ser abrangentes ou limitados, isso vai depender da frequência e da intensidade com que serviram de ancoradouro para novos conhecimentos e, principalmente, como eles interagem entre si.

Os organizadores prévios são sugeridos como um recurso instrucional potencialmente facilitador da aprendizagem significativa (Figura 1.1). Sobre os organizadores prévios, Moreira (2012) escreve:

Podem ser um enunciado, um parágrafo, uma pergunta, uma demonstração, um filme, uma simulação e até mesmo uma aula que funcione como pseudo-organizador para toda uma unidade de estudo ou, ainda, um capítulo que se proponha a facilitar a aprendizagem de vários outros em um livro. (MOREIRA, 2012, p. 10).

A diferenciação progressiva coloca que a aprendizagem significativa é um processo continuado, em que novos conceitos ganham maior significação à medida que são obtidas novas relações/afinidades. Enquanto que o explorar relações entre ideias, marcar similaridades e diferenças importantes, reconciliar discrepâncias reais ou aparentes é denominado de reconciliação integrativa. Segundo Prass (2012):

O objetivo maior do ensino é que todas as ideias sejam aprendidas de forma significativa. Isso porque é somente deste jeito que estas novas ideias serão armazenadas por bastante tempo e de maneira estável. Além disso, a aprendizagem significativa permite ao aprendiz o uso do novo conceito de forma inédita, independentemente do contexto em que este conteúdo foi primeiramente aprendido. (PRASS, 2012, p. 9).

Aprender um conhecimento novo e esquecer-lo no dia seguinte não é uma vantagem para o sujeito, porém utilizando corretamente a aprendizagem significativa, o conhecimento novo pode ser armazenado por bastante tempo e de forma estável na estrutura cognitiva da pessoa. E esse processo não dependerá do contexto no qual esse conhecimento foi incorporado.

Segundo Prass (2012), há outro tipo de aprendizagem, denominada aprendizagem mecânica. Nesse caso, as novas ideias que foram aprendidas são memorizadas e não se relacionam com nenhum subsunçor já existente. Como consequência disso, as novas ideias tendem a ser esquecidas em pouco tempo.

De acordo com Moreira (2016), existem duas condições de aprendizagem significativa, em suas palavras:

[...] uma delas é que o material seja potencialmente significativo. A outra é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não-arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Esta condição implica em que, se a intenção do aprendiz for, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos. (MOREIRA, 2016, p. 11).

Além de dispor de um material que seja potencialmente significativo, o sujeito deve apresentar uma pré-disposição para relacionar o que foi aprendido com aquilo que ele já sabe. Caso ele não apresente essa pré-disposição, mesmo dispondo de um material potencialmente significativo, sua aprendizagem poderá ser mecânica.

A exposição dos conteúdos, a utilização de materiais didáticos, os exercícios, a apresentação das aplicações, a observação, as avaliações, dinâmicas de grupo, os diálogos, práticas experimentais e outras, são atividades, que sobretudo na sua forma e maneira de articulação entre si são os traços que diferenciam e determinam as diferentes propostas didáticas.

Sobre o tema sequência didática, Zabala (1998) argumenta que:

Das diferentes variáveis que configuram as propostas metodológicas, analisaremos primeiro a que é determinada pela série ordenada e articulada de atividades que formam as unidades didáticas. (ZABALA, 1998, p. 52)

Portanto, para Zabala (1998, p. 18) uma sequência didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”.

Zabala (1998, p. 59-62) divide a sequência didática em 4 unidades, conforme Quadro 1.2.

**Quadro 1.2** – Unidades descritas para uma sequência didática segundo Zabala.

<b>Unidade</b>	<b>O que pretende:</b>
Unidade 1	Que os alunos “saibam” determinados conhecimentos.
Unidade 2	que os alunos “saibam fazer” os algoritmos e que “saibam” os conceitos associados.
Unidade 3	que os alunos “saibam” os temas, que “saibam fazer” diálogos e debates e que “sejam” participativos e respeitosos.
Unidade 4	que os alunos “saibam fazer” os termos tratados, que “saibam fazer” questionários, investigações, entrevistas, etc. e que cada vez sejam mais tolerantes, cooperativos, organizados, etc.

Fonte: ZABALA, 1998, p. 59-62.

Na Unidade 1 o que se deseja é que os alunos “saibam” conhecimentos previamente estabelecidos pelo professor. Os conteúdos iniciais da sequência didática são basicamente conceituais e o papel do professor é a apresentação do conteúdo.

Almeja-se que os alunos saibam usar os algoritmos e os conceitos associados na Unidade 2. Isto é, aprender a fazer (Procedimental).

O que se deseja, na Unidade 3 (mudança de atitude = Atitudinais), é que os alunos adquiram determinados conteúdos de carácter conceitual. Para isso o diálogo e debate são fundamentais. O que se intenciona é que os alunos “saibam” os temas, “saibam fazer” diálogos e debates e “sejam” interativos e corteses.

Na última unidade (Unidade 4) todas as atividades de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais aparecem. O que se pretende é que os alunos “saibam fazer” os termos tratados, “saibam fazer” questionários, investigações, entrevistas, etc. e que sejam mais tolerantes, cooperativos, organizados, entre outros.

A realização de experimentos em grupo é procedimental e também atitudinal (GALIAZZI, 2001, e CABRAL, 2017), pois além de fazer os experimentos, os alunos têm que aprender a fazer em grupo. Os experimentos são, portanto, as atividades que se encaixam nas unidades 3 e 4.

A avaliação é um instrumento de orientação em todas as atividades de aprendizagem. Assim, sobre o processo de avaliação de aprendizagem, para Moreira (2016), a resolução de problemas é a melhor maneira de verificar se os

alunos compreenderam os novos conhecimentos por meio da aprendizagem significativa. Deve-se ressaltar que os testes avaliativos devem ser diferentes daqueles encontrados no material dos alunos.

Uma possibilidade para avaliar os alunos consiste, de acordo com Moreira (2016), na elaboração de mapas conceituais. Segundo esse autor, essa estratégia de ensino-aprendizagem foi desenvolvida por Novak (1991; 1997) e seus colaboradores, em 1972. Essa técnica prioriza as relações existentes entre os conceitos, eles podem ser utilizados como recurso didático ou avaliativo (MOREIRA; BUCKWEITZ, 1993).

Este trabalho utiliza a aprendizagem significativa de Ausubel na sequência didática aqui proposta, e alguns mapas conceituais serão desenvolvidos e apresentados.

## 2. PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo está apresentada a metodologia e o desenvolvimento do produto educacional<sup>3</sup> (PE).

### 2.1 – METODOLOGIA

Para atingir o objetivo principal desse trabalho, foram desenvolvidas, com os alunos de duas turmas do ensino médio do Colégio Estadual Branca da Mota Fernandes, atividades sobre o tema energia.

O referido colégio se localiza na Vila Morangueira, na cidade de Maringá – Paraná. É uma escola de bairro periférico. As turmas escolhidas foram: 1ºA com 34 alunos matriculados e 3ºIA (refere-se ao 3º ano do curso técnico em Informática integrado com ensino médio, turma: A) com 22 alunos matriculados. Essas atividades foram desenvolvidas e aplicadas presencialmente em 2019.

O curso técnico integrado em informática oferecido pela referida instituição possui duração de quatro anos. Durante esse tempo os alunos irão cursar as componentes curriculares tradicionais do ensino médio regular e algumas voltadas para a informática. Porém, verifica-se que a carga horária das componentes curriculares tradicionais (incluindo a Física) é reduzida, pois os alunos desse curso terão duas aulas semanais durante dois anos, enquanto que, no ensino médio regular os alunos têm duas aulas semanais durante três anos. Acreditamos que nesse curso técnico, a carga horária para a componente curricular Física é insuficiente.

Como visto na introdução, este trabalho tem por objetivo inicial identificar o que os alunos do ensino médio sabem sobre o tema energia (subsunçores) e correlacionar esse conhecimento com as matrizes curriculares de Física no Brasil, para depois fazermos uma análise crítica sobre as respostas dos educandos.

Para chegarmos aos resultados esperados, desenvolvemos com os alunos de duas turmas do ensino médio (1ºA e 3º IA) duas atividades bem dinâmicas sobre o assunto (organizadores prévios). A primeira foi um questionário com dez afirmações

---

<sup>3</sup> A maior parte deste texto é conteúdo do Apêndice B, que é um encarte do PE como um texto Didático Pedagógico para quem se interessar possa fazer seu uso independente da presente dissertação.

em que os mesmos, com base em seu conhecimento, deveriam avaliar se eram verdadeiras ou falsas. As afirmações feitas e que deveriam ser analisadas pelos alunos eram:

- a) A energia é encontrada apenas em seres vivos;
- b) A energia é uma força;
- c) A energia pode ser armazenada;
- d) A energia é o produto de alguma atividade;
- e) A energia faz com que as coisas aconteçam;
- f) A energia pode ser criada;
- g) A energia pode ser transformada;
- h) A energia está associada apenas ao movimento;
- i) Uma pedra parada no topo de uma montanha não possui energia armazenada;
- j) a energia nuclear é um tipo de energia.

Após todos os alunos responderem este questionário (disponível no apêndice A), fizemos uma análise das respostas dos mesmos e a partir disso, montamos um gráfico com essa análise para melhor compreensão e discorremos sobre as afirmações baseados nos resultados dos alunos. Posteriormente, explicamos o conteúdo para eles por meio de uma sequência didática (organizadores prévios). Essa sequência consistia em doze aulas sobre o tema energia e era baseado em metodologias correntes (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) e foi esperada uma aprendizagem significativa. O tema central da sequência didática versava as formas de energia e a conservação da energia utilizando atividades experimentais com aplicativos de *smartphone*.

## **2.2 APLICATIVOS UTILIZADOS**

Neste trabalho foram utilizados dois aplicativos: *Phyphox* e *VideoShow*.

### **2.2.1 Aplicativo para *smartphone* *Phyphox***

O aplicativo *Phyphox* foi desenvolvido no 2º Instituto de Física da Universidade Técnica de *Aachen*, na Alemanha. Com esse aplicativo conseguimos realizar experiências de Física usando o *smartphone*. Isso é possível porque o aplicativo permite que se use o sensor do aparelho para realizar estes experimentos como, por exemplo, detectar a frequência de um pêndulo simples utilizando o sensor acelerômetro do próprio *smartphone*.

Esse aplicativo pode ser utilizado gratuitamente e pode ser encontrado para *download* em seu *website* oficial (*phyphox.org*). Os pré-requisitos básicos para poder utilizar o aplicativo são alguns sensores, dentre eles: acelerômetro, microfone, sensor de luz e sensor de proximidade. De forma geral, quanto mais sensores o aparelho tiver, mais experiências poderão ser realizadas, pois maior é a abrangência que se pode alcançar.

Depois de instalado, o aplicativo pode ser iniciado e a tela da Figura 2.1 será exibida.

**Figura 2.1** – Cópia da tela inicial do *Phyphox* em aparelhos *smartphones* diferentes.



Fonte: o autor, 2020.

Na tela inicial do aplicativo, no canto superior esquerdo temos o nome do aplicativo, enquanto que no canto superior direito há um ícone disponível para

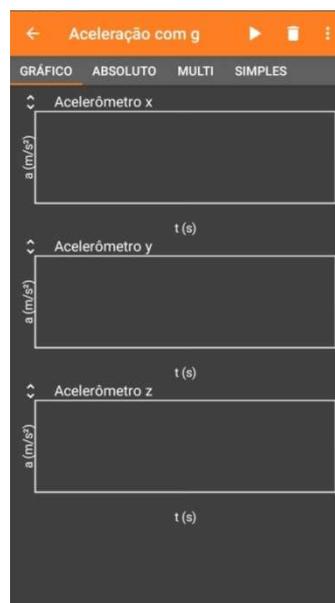
informações gerais sobre o aplicativo. Logo abaixo estão os menus com os experimentos, estes são: sensores, acústica, dia a dia, ferramentas, mecânica e temporizadores. Os experimentos que não estão escritos com as letras na cor branca (nítido) não podem ser acessados e nem executados, provavelmente porque o aparelho não possui o sensor específico para o seu uso. Esse fato pode ser verificado nas imagens apresentadas na Figura 2.1 (a) e (b) em aparelhos diferentes e em (b) há mais experimentos possíveis de ser acessado.

No canto inferior direito da tela inicial aparece um ícone '+', esse ícone representa a função para adicionar experimento. Ao clicar nesse ícone, deverão aparecer três opções ao usuário: adicionar experimento com código QR; adicionar experimento para dispositivo *Bluetooth*; e adicionar experimento simples. Ao clicar no ícone 'x', o usuário voltará à tela anterior.

No canto superior direito da tela inicial há um ícone representado pela letra 'i', nesse ícone o usuário encontra informações gerais sobre o aplicativo, como créditos, ideias de experimentos e instruções, perguntas frequentes (em inglês), ajuda do acesso remoto (em inglês), idiomas e informações do aparelho. O *Phyphox* utiliza o primeiro idioma disponível da lista de idiomas favoritos do aparelho.

No *menu* das experiências disponíveis, quando o usuário seleciona uma, aparecerá uma nova tela, como mostra a Figura 2.2.

**Figura 2.2** – Cópia da tela inicial do experimento de aceleração com  $g$ .



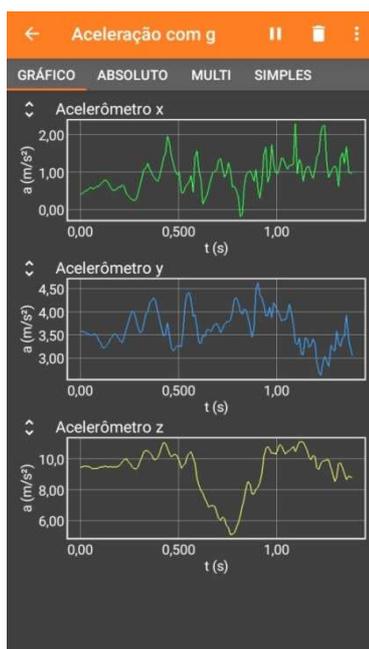
Fonte: o autor, 2020.

A imagem da Figura 2.2 foi gerada ao selecionar o experimento ‘aceleração com g’. Percebe-se que essa tela contém todas as ferramentas possíveis desse experimento. Na parte superior da tela, na aba laranja há o nome da experiência, o ícone ‘play’, o ícone ‘lixeira’, o ícone ‘mais opções’ e o ícone ‘voltar’.

O ícone *play* serve para iniciar a experiência com o uso do sensor, esse mesmo ícone servirá para pausar a experiência quando ela já estiver sendo executada. O ícone da lixeira serve para limpar os dados gravados nessa experiência, ao fazer isso o usuário poderá reiniciar a mesma. O ícone de voltar está localizado no canto superior esquerdo, ele serve somente para retornar à tela anterior e, por fim, o ícone ‘mais opções’, representado por três pontos e localizado no canto superior direito, fornece ao usuário seis novas opções, são elas: ‘informações do experimento’; ‘exportar dados’; ‘compartilhar captura da tela’; ‘medida temporizada’; e ‘salvar experimento’.

Logo abaixo da parte laranja da tela há um *menu* com quatro opções: ‘gráfico’, ‘absoluto’, ‘multi’ e ‘simples’. Na opção ‘gráfico’, são gerados três gráficos da aceleração (medida em  $m/s^2$ ) em função do tempo (medido em  $s$ ), os gráficos são intitulados como: “Acelerômetro x”, “Acelerômetro y” e “Acelerômetro z”, sendo que cada um deles representa uma dimensão do espaço tridimensional, conforme ilustrado na Figura 2.3:

**Figura 2.3** - Cópia da tela do resultado de um experimento da aceleração com  $g$ .



Fonte: o autor, 2020.

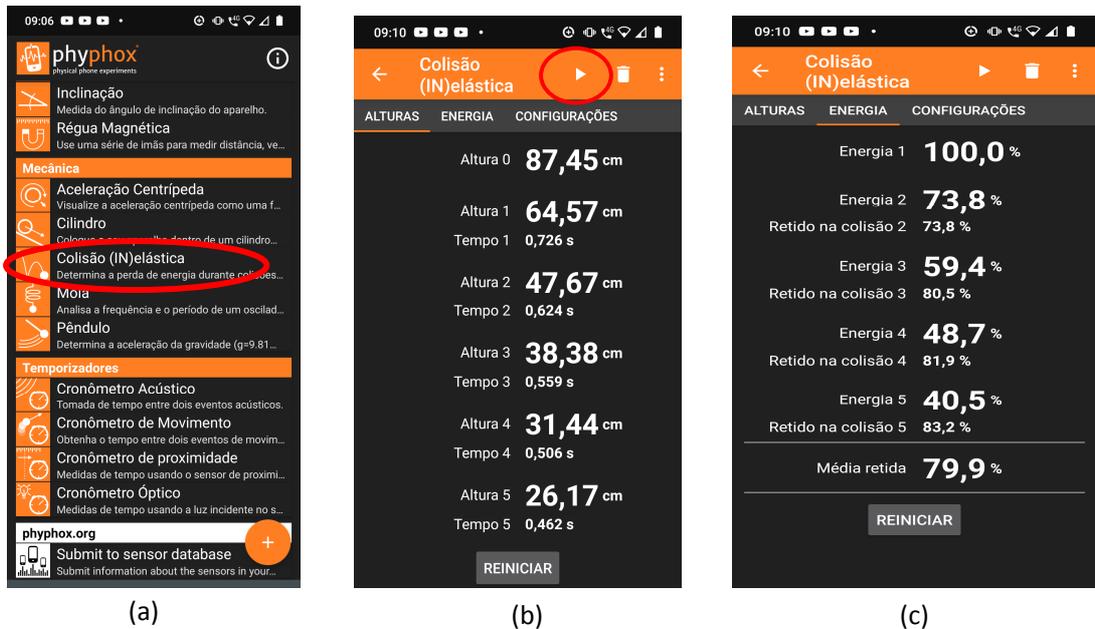
Da imagem da Figura 2.3, utilizou-se a do “Acelerômetro y”, para obter o valor da aceleração gravitacional (fazendo a leitura no próprio gráfico) e utilizar nos cálculos das energias potencial, cinética e a dissipada.

Ressaltando que se pode utilizar na tela de entrada do *Phyphox* o bloco “ferramentas” no item “Inclinação” que permite saber a inclinação de um plano inclinado.

O outro experimento que foi realizado utilizando este mesmo aplicativo foi a da “colisão in(elástica)” (Figura 2.4 (a)), mas utilizado para que o aluno perceba a perda de energia que ocorre em um determinado sistema. Além de observar, ele ainda pode visualizar o valor da altura e o tempo que atingiu.

As Figuras 2.4 (b) e (c) mostra exemplos da imagem do resultado captado pelo aplicativo de uma bolinha liberada de uma determinada altura e a sua variação cada vez que quica na superfície. Além disso, em outra aba informa a energia acumulada na sua colisão com a superfície. Para acionar, apertar o *play* (seta no alto da tela – circulada em vermelho na Figura 2.4. (b)) antes de liberar a bolinha.

**Figura 2.4-** Cópia da tela de exemplos do resultado do experimento “Colisão in(elástica)”, realizado com uma bolinha de *ping-pong*, para fins ilustrativos.



Fonte: o autor, 2020.

Como se pode observar na Figura 2.4 (c), o aplicativo fornece a energia acumulada na colisão com o solo e que esta foi diminuindo, pois conforme a bolinha vai quicando no solo a altura diminui (Figura 2.4 (b)) no decorrer do seu movimento no tempo. Somente essa observação já ajuda o aluno na compreensão de acúmulo de energia, energia potencial, energia cinética, energia dissipada, e transformação de energia.

### 2.2.2 Aplicativo para *smartphone* VideoShow

O VideoShow (cujo símbolo é apresentado na Figura 2.5(a)) é um editor gratuito capaz de criar vídeos com as fotos da galeria do *smartphone*. A ferramenta permite inserir fotos e vídeos, selecionar músicas para criar uma trilha sonora, além de adicionar textos e efeitos animados para deixar o filme personalizado, no estilo *Movie Maker*. Disponível para sistemas *Android* e *iPhone* (iOS), não há um limite para a quantidade de imagens utilizadas, porém, quanto maior o número de itens, mais longo será o vídeo. O *app* é muito utilizado para criar clipes românticos ou homenagens para postar nas redes sociais.

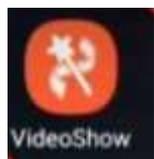
Uma sugestão de tutorial quanto ao seu uso está disponível no *youtube*<sup>®</sup> no link: <<https://youtu.be/sFgfG0EFRgk>>.

Vale ressaltar que o conteúdo produzido na versão gratuita do aplicativo exibirá uma marca d'água com a mensagem "*Made with Videoshow*" (Feito com o VideoShow) no canto direito (Figura 2.5 (b)).

Primeiro, o professor deverá explicar passo a passo como deverá ser realizada a atividade experimental com o uso do *smartphone*. Por isso, o guia de instruções deve ser impresso e entregue um para cada aluno, esse guia facilitará o desenvolvimento da atividade experimental.

Portanto, serão necessários dois *smartphones*, um para captar os dados experimentais por meio do Phyphox, como o posicionado na parte inferior da Figura 2.5 (b) circulada em vermelho, e outro para fazer o vídeo da realização do experimento e realizar sua edição por meio do *VideoShow* (*smartphone* que captou a imagem da Figura 2.5 (b)).

**Figura 2.5** – Imagem: (a) do símbolo de acesso do *VideoShow* no *smartphone*, (b) da posição de um dos aparelhos de *smartphone* no experimento de colisão In(elástica), indicando também a marca d'água.



(a)



(b)

Fonte: o autor, 2019.

### 2.3 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O objetivo deste produto educacional é trabalhar com o conceito de energia nas séries do 1º e o 3º ano (do curso técnico de informática) do ensino médio e realizar alguns experimentos simples com auxílio dos sensores disponíveis nos *smartphones* que permitem o acesso a aplicativos que auxiliam na realização de experimentos em Física.

Para isso, elaborou-se uma sequência didática. No Quadro 2.1, temos um resumo do plano sequencial usado em sala de aula sobre o tema Energia, distinguidos por momentos, atividades (realizadas) e tempo (tempo utilizado).

Nos momentos foram relacionados os termos da aprendizagem significativa, mas vale à pena ressaltar que os processos da teoria da aprendizagem não são estanques e se intercalam.

**Quadro 2.1** - Resumo de sequência didática aplicada em sala de aula.

Momentos	Atividades	Tempo
1) Verificar o conhecimento prévio dos alunos (descoberta dos subsunçores)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de questionário sobre energia;</li> <li>• montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro.</li> </ul>	1 aula de 50 minutos
2) energia e suas formas (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre o tema energia e suas formas.</li> </ul>	1 aula de 50 minutos
3) energia cinética (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia cinética.</li> </ul>	2 aulas de 50 minutos
4) energia potencial gravitacional (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia potencial gravitacional.</li> </ul>	2 aulas de 50 minutos
5) energia potencial elástica (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva sobre o tema energia potencial elástica</li> </ul>	1 aula de 50 minutos
6) conservação da energia (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre a conservação da energia.</li> </ul>	1 aula de 50 minutos
7) Compreender a conservação da energia usando aplicativos de <i>Smartphone</i> (diferenciação Progressiva e reconciliação integrativa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de experiências, com o auxílio de aplicativos de <i>smartphone</i>, sobre os conteúdos estudados.</li> </ul>	3 aulas de 50 minutos
8) Verificar o aprendizado dos alunos (aprendizagem significativa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de questionário sobre energia;</li> <li>• Montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro.</li> </ul>	1 aula de 50 minutos

Fonte: o autor, 2020.

As aulas seguiram uma lógica embasada em um pensamento de sanar as dúvidas apresentadas pelos alunos, já na primeira aula. Os planos para cada aula estão apresentados a seguir.

### 2.3.1 – Planos de Aula

- **AULA 1**

**Objetivo** - Verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

**Recursos Instrucionais** - Questionário, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema energia.

**Papel do professor** - Aplicar corretamente os questionários e elaborar um mapa conceitual no quadro sobre o que os alunos sabem sobre o tema energia.

**Encaminhamento** - O primeiro momento dessa aula consiste na aplicação do questionário pelo professor. O professor deverá entregar uma cópia do questionário para cada aluno. É sugerido no máximo quinze minutos de tempo para os alunos respondam. Essa atividade deverá ser respondida sem consultar os materiais escolares. O questionário sugerido está disponível no Apêndice A.

- **AULA 2**

**Objetivo** - Abordar o tema de Energia e suas formas possíveis.

**Recursos Instrucionais** - Texto para uso do professor, equipamento para apresentação de vídeo, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Espera-se que os alunos entendam o conceito de energia e quais seus principais tipos.

**Papel do professor** - Ajudar a promover um bom debate entre os alunos e definir os temas indicados.

#### **Encaminhamento - Parte 1**

O primeiro momento dessa aula é dedicado a fazer perguntas aos alunos para que respondam em voz alta:

- a) Uma lâmpada acesa tem energia? E uma locomotiva em movimento? E uma bola de futebol quicando no solo?
- b) Como podemos definir energia na ciência?
- c) Que tipo de energia vocês conhecem?
- d) Um vento de 10 Km/h tem energia?

Logo após o debate sobre as respostas dadas pelos alunos, pode-se iniciar uma abordagem teórica, de forma expositiva, sobre o tema Energia e sua relevância, o texto a seguir é uma sugestão para o professor.

### Energia e suas possíveis formas

O termo Energia incorporou-se, em caráter definitivo, no cotidiano das pessoas. Este é o reconhecimento de que o consumo de energia determina, e muito, o padrão de vida dos habitantes da Terra. Ter energia, sob as mais diversas formas, à disposição é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico e social de um país.

Energia é a capacidade de realizar tarefas (os físicos preferem dizer realizar trabalho). Por tarefas entendemos atividades das mais diversas naturezas, como bater uma estaca no solo (para dotar um futuro prédio de bases sólidas), movimentar uma locomotiva (Figura 2.6 (a)), acionar as turbinas (ou reator) de um submarino nuclear, acender uma lâmpada (Figura 2.6 (b)), ou aquecer a água dentro de uma panela.

**Figura 2.6** - Imagem de: (a) uma locomotiva em movimento. (b) uma lâmpada acesa.



(a)



(b)

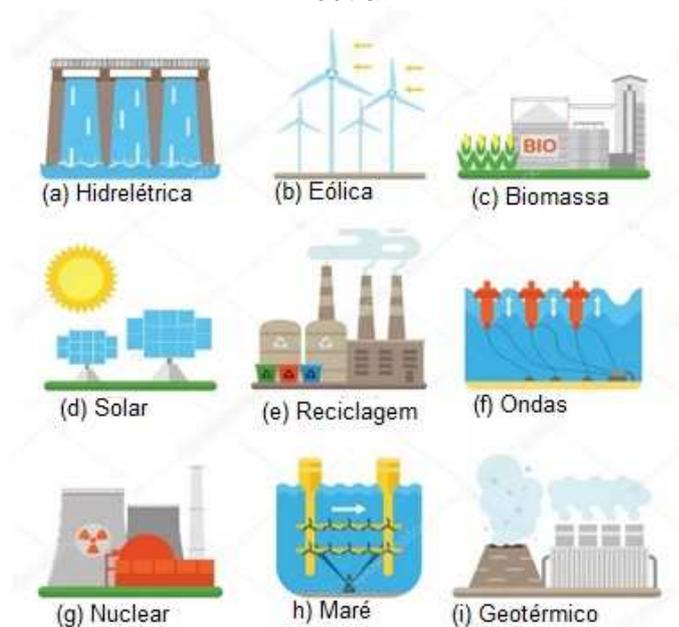
**Fontes:** (a) [blogdaliga.com.br/wp-content/uploads/2017/06/capa.jpg](http://blogdaliga.com.br/wp-content/uploads/2017/06/capa.jpg);  
(b) [https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/16/09/36/full-steam-2317356\\_960\\_720.jpg](https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/16/09/36/full-steam-2317356_960_720.jpg)

Energia é, portanto, a mola propulsora do desenvolvimento, e do progresso. Por isso, a relevância de programas de geração e conservação de energia. A busca por fontes alternativas de energia será perene.

*A capacidade de realizar tarefas origina-se dos mais distintos processos físicos. Existem, pois, formas distintas de geração (ou armazenamento) de energia. A cada forma de energia associamos um nome para lembrar sua origem. Por exemplo, na detonação de uma bomba atômica existe a liberação (produção) de uma enorme quantidade de energia. Essa forma de energia se origina de processos que ocorrem no núcleo dos átomos (divisão de núcleos). Por isso, essa forma de energia recebe o nome de energia nuclear.*

As diversas formas estão ilustradas nas imagens apresentadas na Figura 2.7. Se a energia gerada tem origem no aproveitamento dos ventos, ela recebe o nome de energia eólica. Se a energia gerada se origina do aproveitamento de energia armazenada pela presença de campos elétricos (e magnéticos), temos a energia elétrica (ou magnética). O calor também é uma forma de energia (energia térmica).

**Figura 2.7**– Imagens de tipos de usinas utilizadas para converter energia de uma forma à outra.



Fonte: Tradução do autor. Disponível em: [st2.depositphotos.com/3687485/10818/v/950/depositphotos\\_108189116-stock-illustration-energy-sources-vector-illustration.jpg](https://st2.depositphotos.com/3687485/10818/v/950/depositphotos_108189116-stock-illustration-energy-sources-vector-illustration.jpg)

**Referência (texto de apoio)** - Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia e sua relevância. Disponível em: [efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/intr](http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/intr). Acesso em: 12 agosto 2019.

Logo após as explicações sobre o tema, o vídeo a seguir pode ser apresentado aos alunos:

Vídeo 1: Gastaldi, Y. Produção de energia/formas - <https://www.youtube.com/watch?v=83SlmJj5bXw>

- **AULA 3**

**Objetivo** - Definir o conceito de energia cinética (havendo possibilidade definir também o momento linear  $\vec{p} = m\vec{v}$ ).

**Recursos Instrucionais** - Texto de apoio, quadro negro e giz.

**Duração** - 3 aulas de 50 minutos.

**O que se espera** - Participação dos alunos na aula e que compreendam o que é energia cinética e qual sua relação matemática.

**Papel do professor** - O professor deve ajudar a promover um bom debate entre os alunos e explicar com clareza o conteúdo.

**Encaminhamento da atividade** -

Primeiramente o professor faz a seguinte pergunta aos alunos:

“Quem terá mais energia: Patrick, de massa igual a 50 Kg, correndo a uma velocidade de 4 m/s ou João, de massa igual a 100 Kg, correndo a uma velocidade de 2 m/s?”

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia cinética, sugerimos o seguinte texto de apoio:

### **Energia cinética**

Existe uma forma de energia que está associada inteiramente ao movimento, isto é, está associada ao estado de movimento (à velocidade, mais precisamente). Tal energia é denominada Energia Cinética (cinético, em grego, significa movimento).

Para uma partícula de massa  $m$  e velocidade  $\vec{v}$ , a sua energia cinética é dada pela Eq. (1.4):

$$E_c = \frac{m v^2}{2}.$$

Nota-se que, quanto maior for a velocidade e/ou a massa do objeto, tanto maior será a sua energia cinética. Esta expressão está de acordo com a nossa experiência cotidiana. Sabemos que um carro em movimento pode realizar tarefas, algumas delas absolutamente desnecessárias, tais como derrubar postes, derrubar muros ou deformar laterais de outros carros. O estrago provocado em acidentes é tanto maior quanto maior a velocidade do veículo. Uma jangunta, por outro lado, por ter uma massa maior do que um automóvel é capaz de fazer mais estragos do que este (até mesmo a uma velocidade menor).

**Referência:** Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia cinética. Disponível em: [efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/E\\_cinetica/](http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/E_cinetica/). Acesso em: 12 ago. 2019.

Após a explicação do texto, o professor poderá resolver a pergunta feita no início da aula no quadro junto com os alunos.

- **AULA 4**

**Objetivo** - Compreender melhor a energia cinética

**Recursos Instrucionais** - Lista de exercícios, quadro negro e giz.

**Duração** - 2 aulas de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos possam compreender melhor o tema em questão.

**Papel do professor** - O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

**Encaminhamento da atividade** -

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com dois ou três alunos cada grupo, e após entregar a lista de questões para cada aluno, 25 minutos são o suficiente para os grupos resolverem os exercícios com o auxílio do professor. Em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa as questões das quais os alunos tiveram maior dificuldade para compreender.

**Questões:**

- 1- Marque a alternativa incorreta: (Explique sua escolha)
  - a) Um carro de fórmula 1, parado, não possui energia cinética.
  - b) Uma pessoa correndo com velocidade constante possui energia cinética.

- c) A energia cinética não depende da massa do corpo.
  - d) Todo corpo em movimento, possui energia cinética.
- 2- Um objeto parado possui energia cinética? Explique sua resposta.
- 3- Uma criança de massa  $40\text{ Kg}$  viaja no carro dos pais, sentada no banco de trás e presa pelo cinto de segurança. Num determinado momento, o carro atinge a velocidade de  $20\text{ m/s}$ . Qual será o valor da energia cinética dessa criança?
- 4- Um objeto de massa  $0,600\text{ Kg}$  está em movimento e possui energia cinética de  $2.000\text{ J}$ . Determine a velocidade desse objeto em  $\text{m/s}$ .
- 5- O que acontece com a energia cinética de um automóvel se a sua velocidade dobrar? (Explique sua escolha)
- a) Ficará 2 vezes maior.
  - b) Ficará 4 vezes maior.
  - c) Ficará 2 vezes menor.
  - d) Ficará 4 vezes menor.
  - e) Permanecerá constante

- **AULA 5**

**Objetivo** - Definir o conceito de energia potencial gravitacional

**Recursos Instrucionais** - Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos compreendam o que é energia potencial gravitacional.

**Papel do professor** - O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

**Encaminhamento da atividade** -

Primeiro o professor deverá fazer algumas perguntas aos alunos:

“Sabemos que um tiro dado para cima pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?”

Após o debate, o professor pode apresentar o seguinte vídeo, sobre montanha-russa:

Vídeo 2: *The biggest roller coaster drop in the world!* (tradução do autor - A maior queda de montanha russa do mundo) disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5aF7dgWvQ6Y>

Após a apresentação questionar à turma:

“Essa máquina tem energia para se mover? De onde vem essa energia?”

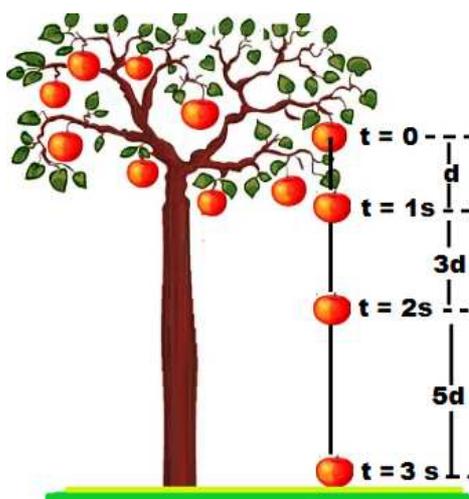
Em seguida, o professor pode definir o conceito de energia potencial gravitacional, o texto a seguir é uma sugestão:

### Energia potencial gravitacional

Todos os objetos que possuem massa atraem-se mutuamente. A intensidade da força de atração (gravitacional) varia de acordo com a massa dos objetos. Essa força diminui à medida que a distância entre os objetos aumenta. A força gravitacional é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A sugestão é utilizar a Figura 2.8 para trabalhar a questão do armazenamento de energia potencial quando a maçã ainda está fixa no galho, e o que ocorre com essa energia quando a maçã se solta do galho.

**Figura 2.8** – Imagem ilustrando sobre a questão de que se a queda de uma maçã se deve ao fato que ela possui energia armazenada.



Fonte:

[fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/quedalivre/i\\_23a009fa8c7fc1e3\\_html\\_58456325.png](http://fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/quedalivre/i_23a009fa8c7fc1e3_html_58456325.png)

Um objeto próximo à superfície terrestre possui energia potencial gravitacional, que é a energia de interação entre a massa do objeto com a massa da Terra. Essa energia está armazenada no sistema Terra-objeto e vai reduzindo-se à medida que a distância Terra-objeto diminui.

Assim, para efeitos práticos, à medida que o objeto vai perdendo altura, durante a descida, **há uma transformação dessa energia potencial gravitacional em energia cinética**, que é a energia de movimento. Sendo que, ao final do movimento de queda do objeto, **a energia cinética presente é transformada em energia de deformação do objeto com o solo.**

**Ao longo da trajetória do objeto, há uma pequena perda de energia cinética devido ao atrito do objeto com o ar e, também, pode ocorrer deformação do objeto no choque com o solo, que produz outras formas de energia, como energia térmica e sonora. Mas essas perdas são tão pequenas que podem ser consideradas desprezíveis.**

A quantidade de energia potencial gravitacional ( $E_{pg}$ ) é diretamente proporcional ao produto entre a massa do objeto ( $m$ ), a aceleração da gravidade local ( $\vec{g}$ ) e a altura do objeto em relação à superfície de contato ( $h$ ). Então, podemos utilizando a equação (1.6) para  $y = h$ , e escrevê-la como:

$$E_{pg} = m g h.$$

**Referência:** Bate e não volta - Disponível em: [www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec30.htm](http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec30.htm). Acesso em: 12 ago. 2019.

- **AULA 6**

**Objetivo** - Compreender melhor a energia potencial gravitacional

**Recursos Instrucionais** - Lista de exercícios, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos possam compreender melhor o tema resolvendo as questões sugeridas.

**Papel do professor** - O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

**Encaminhamento da atividade** -

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com três ou quatro alunos cada, e após isso entregar a lista de questões para cada aluno. Vinte

e cinco minutos são suficientes para os grupos resolverem com o auxílio do professor, em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa todas as questões.

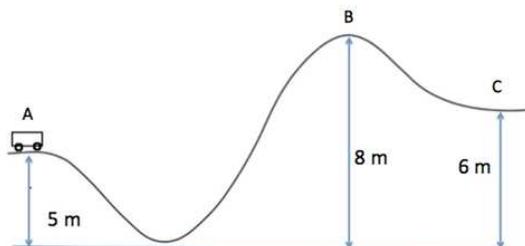
### Questões

1- Um ciclista desce uma rua inclinada, com forte vento contrário ao seu movimento, com velocidade constante. Pode-se afirmar que:

- sua energia cinética está aumentando.
- sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
- sua energia cinética está diminuindo.
- sua energia potencial gravitacional é constante.
- Nenhuma das alternativas está correta.

2- Qual é o valor da energia potencial gravitacional associada a uma pedra de massa igual a  $20\text{ Kg}$  quando esta se encontra no topo de um morro de  $140\text{ m}$  de altura em relação ao solo?

3- Um carrinho de massa igual a  $15\text{ Kg}$  se movimentará pelo trilho a seguir. Considerando  $g = 10\text{ m/s}^2$ . Marque o que for correto:



- O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto A.
- O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto B.
- No ponto C, a energia potencial gravitacional armazenada no carrinho é igual a  $800\text{ Joules}$ .
- Entre os pontos A e B a energia potencial gravitacional do carrinho assume um valor mínimo.
- Se a massa do carrinho fosse de  $30\text{ Kg}$ , a energia potencial gravitacional no ponto C seria triplicada.
- Somatória das alternativas corretas:

4- Responda corretamente:

- Uma maçã no topo de uma árvore possui energia armazenada? Explique.
- É possível um objeto ter energia potencial gravitacional na superfície da Lua? Explique.
- Um grão de poeira, de massa igual  $0,0002\text{ g}$ , situado na estratosfera possui energia potencial armazenada? Explique.

### • AULA 7

**Objetivo** - Definir a energia potencial elástica.

**Recursos Instrucionais** - Texto de apoio, quadro negro, giz e elásticos para demonstrações.

**Duração** - 3 aulas de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos possam compreender a energia potencial elástica através das experiências e explicações.

**Papel do professor** - O professor deverá realizar a experiência demonstrativa e explicar o tema.

**Encaminhamento da atividade** -

De início, sugerimos que o professor leve para a aula dois elásticos diferentes (podem ser um elástico de dinheiro e um pedaço de mangueira de soro ou como conhecido popularmente: mangueira de estilingue (atiradeira)). Os elásticos devem ter o mesmo comprimento inicial. Usando os elásticos, o professor poderá promover um debate com a turma da seguinte forma:

*Aplicar uma força com as mãos e deformar o elástico 1, medir a deformação com uma régua e anotar a deformação sofrida pelo elástico no quadro. O mesmo procedimento deverá ser feito com o elástico 2 (lembrando que a força aplicada pelas mãos sobre os elásticos deve ser aproximadamente a mesma).*

Após anotar as medidas de deformação dos elásticos, o professor poderá perguntar para a turma:

*“Percebemos que um elástico se deformou mais do que outro, aplicando aproximadamente a mesma força, qual deles possuirá mais energia armazenada?”*

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia potencial elástica, o texto a seguir é uma sugestão (essa teoria está incluso na seção 1.1.1):

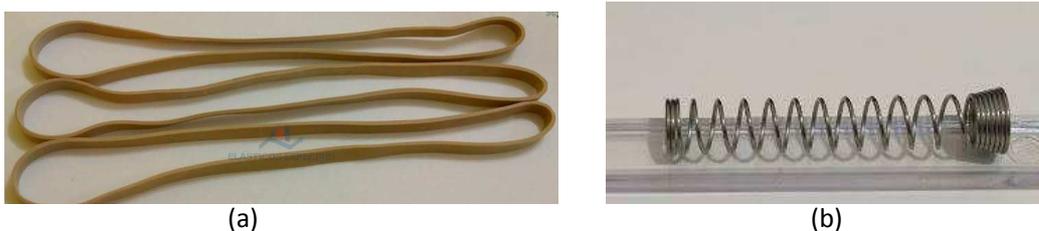
### **Energia potencial elástica**

Uma das formas que a energia pode assumir é a energia potencial elástica. Esta forma de energia está associada à energia necessária para deformar as ligações químicas entre os átomos que constituem um determinado material. **Quando comprimimos um material**, estamos aproximando os átomos constituintes. **Quando esticamos**, estamos afastando-os.

A quantidade de deformação (compressão ou alongamento) suportável pelo material determina se ele é elástico ou não. Um material elástico geralmente não se rompe quando sujeito a quantidades razoáveis de deformação. **Nos materiais elásticos, os átomos tendem a reocupar a sua posição normal, quando liberados da deformação. Como receberam energia para sair da posição normal, quando liberados da deformação devem devolvê-la de alguma forma.**

Na Figura 2.9, apresentam-se dois tipos de materiais que podem ser utilizados em aula: (a) elástico de dinheiro e (b) mola do interior de canetas. Outra opção de mola é espiral de encadernações, nesse caso cuidado com o quanto alongar para que a deformação não fique permanente.

**Figura 2.9** - Imagem ilustrando: (a) Elásticos de dinheiro e (b) uma mola de caneta, ambos são capazes de se deformar.



Fontes: (a)

<[https://www.maisplastico.com.br/guia/produtos/10320/84039\\_e39da43602d99d963398ee53dfdd866d\\_d.jpg](https://www.maisplastico.com.br/guia/produtos/10320/84039_e39da43602d99d963398ee53dfdd866d_d.jpg)>, (b) <[https://http2.mlstatic.com/montblanc-164-classic-mola-original-p-canetas-esferografica-D\\_NQ\\_NP\\_821990-MLB30747261266\\_052019-F.webp](https://http2.mlstatic.com/montblanc-164-classic-mola-original-p-canetas-esferografica-D_NQ_NP_821990-MLB30747261266_052019-F.webp)>

Um bom exemplo é o estilingue (também conhecida como atiradeira). **Quando puxamos seu elástico (tubo de látex) com uma pedra encaixada, a um acúmulo de energia potencial elástica (de um trabalho realizado sobre o elástico por quem o estica). Ao liberar o elástico, este praticamente transfere a energia que acumulada na forma de energia cinética na pedra, mais energia sonora (energia envolvida na criação e propagação do som). Se não colocarmos a pedra, ao soltar o elástico este entrega a maior parte da sua energia de volta para o corpo: a outra mão tem que absorver o “tranco”. Até a energia sonora é maior neste caso.**

A energia potencial elástica  $E_{pel}$  está relacionada à deformação sofrida pelo material como foi apresentado na seção 1.1.1 em relação ao sistema massa-mola. Assim, quanto mais deformado estiver o material, mais energia potencial elástica acumulada ele terá. A equação desse tipo de energia é:

$$E_{pel} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2, \quad (2.1)$$

em que  $k$  é a constante de deformação da mola e  $\Delta x$  é a deformação da mola.

**Referência de base:** Experimento - Bate e Volta - Disponível em: [www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec29.htm](http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec29.htm). Acesso em: 12 ago. 2019.

### Dedução da equação da energia potencial elástica<sup>4</sup>:

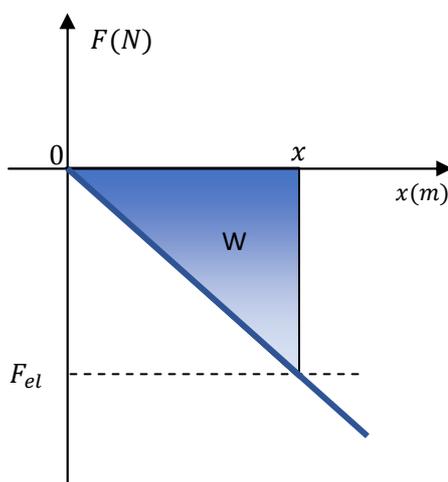
A lei de Hooke afirma que a força elástica surge em relação à compressão ou distensão, denominados de deformação elástica, de corpos elásticos:

$$F = - k x, \quad (2.2)$$

em que:  $k$  é constante elástica e  $x$  a deformação, que é oposta à sua compressão ou distensão do corpo elástico (exemplo: mola, elástico, borracha, etc..).

A Figura 2.10, apresenta o gráfico da Força versus a deformação  $x$ , para a posição inicial igual a zero ( $x_0 = 0$ ).

**Figura 2.10** - Gráfico da força elástica ( $F_{el}$ ) versus a deformação da mola ( $x$ ) para uma mola específica. O coeficiente angular fornece o valor da constante elástica  $k$ .



Fonte: o autor, 2019.

O trabalho realizado pela mola é dado pela área marcada e azul no gráfico  $F = F_{el}$  versus deformação  $x$ , no caso um triângulo retângulo:

<sup>4</sup>Essa equação já foi deduzida na seção 1.1.1, utilizando integral. Como as aulas são para o ensino médio, adotou-se obter o trabalho e a equação da energia potencial elástica, Eq. (1.17(b)), por meio do cálculo da área do gráfico da força  $F$  versus deformação  $\Delta x$  para  $x_0 = 0$ .

$$W = \frac{bh}{2}. \quad (2.3)$$

No caso da Figura 2.9, a base:  $b = x$  e altura  $h = F_{el}$ .

$$W = \frac{F_{el} x}{2}$$

$$W_{0 \rightarrow x} = \frac{(-kx)x}{2} = -\frac{kx^2}{2} = -E_{pel}. \quad (2.4)$$

Caso  $x_0 \neq 0$ , então:

$$W = -\Delta E_{pel}, \quad (2.5)$$

como o obtido na equação (1.17(b)), e o termo  $\frac{kx^2}{2}$  na equação (2.14) é conhecido como a equação da energia potencial elástica conforme definido na equação (2.1).

Portanto ao esticar o tubo de látex, está ocorrendo um acúmulo de energia potencial elástica, que depende do deslocamento, que no caso é o quanto se alongou. A constante elástica depende do comprimento do elástico (ou mola) adotado e do seu material.

- **AULA 8**

**Objetivo** - Definir a conservação da energia

**Recursos Instrucionais** - Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos compreendam a conservação da energia.

**Papel do professor** - O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

**Encaminhamento da atividade** -

Primeiro o professor deverá fazer a seguinte pergunta aos alunos:

"Já estudamos algumas formas de energia, mas será que é possível criar energia cinética? E energia potencial gravitacional? Explique suas respostas."

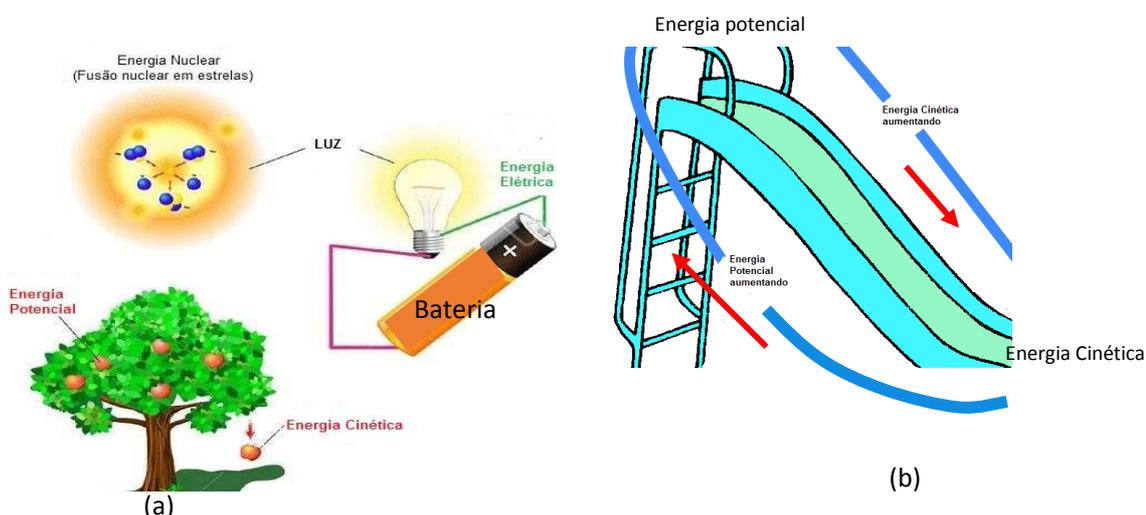
Após o debate, o professor pode definir a conservação da energia, o texto a seguir é uma sugestão:

### **Conservação da Energia**

Uma propriedade fundamental do conceito de energia é que em todos os processos de transformação, dos mais simples aos mais complexos, há conservação

da quantidade de energia total. O que significa isso? Sempre que, num processo, ocorre uma diminuição de energia de um determinado tipo, há um aumento da mesma quantidade de energia sob outras formas, de modo que a energia total permanece sempre constante. A transformação de uma energia em outra está ilustrada na Figura 2.11 (a) Energia nuclear (fusão das estrelas) e elétrica (bateria) em energia luminosa, e energia potencial em cinética da maçã caindo, e em (b) energia potencial em cinética e vice versa, supondo uma criança subindo e deslizando no escorregador.

**Figura 2.11** - Exemplos de (a) situações onde há transformação de energia e (b) a conservação da energia mecânica na ausência de forças dissipativas.



Fontes: (a) <https://cdn1.byjus.com/physics/wp-content/uploads/2016/08/ENERGY1.jpg>;  
 (b) Adaptado da figura disponível em: <http://semesters.in/wp-content/uploads/2017/01/Slide-picture-680x445.png>

**"ENUNCIADO DO PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA: A ENERGIA TOTAL DO UNIVERSO É CONSTANTE; NÃO PODE SER CRIADA NEM DESTRUÍDA".**

O "Princípio de Conservação de Energia", como é conhecido essa propriedade, foi formalmente enunciada pela primeira vez por volta de 1840. A partir daí, determina grande parte do conhecimento na Física, em todas as suas áreas de pesquisa e estudo. Até hoje não se conhece nenhum processo em que esse princípio tenha sido violado.

A energia pode transformar-se de energia cinética para potencial, ou vice-versa, nos processos mecânicos. Que é o caso da situação da Figura 2.11 (b). Caso as forças dissipativas sejam desprezíveis a energia mecânica se conserva.

Outra situação é a energia de um corpo atirado para cima (na vertical) com velocidade  $\vec{v}$ , esta retorna à mesma posição com a mesma velocidade em sentido contrário, se desprezarmos a resistência do ar. Na ausência de força dissipativa, a energia cinética inicialmente fornecida ao corpo é a mesma na posição final, mas durante este movimento, a energia se transforma: quando o corpo sobe, diminui sua velocidade, e conseqüentemente sua energia cinética, porém ganha altura, e energia potencial.

De forma que, na altura máxima atingida, o corpo possui somente energia potencial, que será máxima, pois a energia cinética será nula, porque a sua velocidade é nula, o corpo pára para começar a descer. No retorno, perde energia potencial, pois perde altura, mas adquire novamente energia cinética, chegando ao ponto de partida com a mesma velocidade inicial  $\vec{v}$ .

Na física é comum o termo energia mecânica para representar a soma de dois tipos de energias num dado sistema: a energia cinética e a energia potencial (Eq. (1.9)). Então, pelo princípio da conservação de energia mecânica (Eq. (1.11)):

$$\begin{aligned} E_{m_i} &= E_{m_f} \\ E_{c_i} + E_{p_i} &= E_{c_f} + E_{p_f}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Caso envolva situações em que se considerem movimentos de translação e rotação, as energias cinéticas iniciais e finais de rotação,  $E_{cR} = \frac{1}{2}I\omega^2$ , devem ser consideradas. Lembrando que o momento de inércia  $I$  presente nessa equação, depende de onde se situa o eixo de rotação e do formato do objeto que se movimenta.

No entanto quando tiver a presença de forças dissipativas essa lei de conservação não é válida. Mas, de forma geral a energia total sempre se conservará, e essa será dada pelas energias atuantes no sistema menos a energia dissipada. Em termos do trabalho realizado (Eq. (1.13)),

$$W_{fa} = \Delta E_m$$

em que a  $W_{fa} = f_a d = \Delta E_{t\u00e9rmica}$ , sendo  $f_a$  a for\u00e7a de atrito e  $d$  o deslocamento realizado oposta a dire\u00e7\u00e3o do movimento. Como h\u00e1 um aumento da energia t\u00e9rmica no sistema ela \u00e9 somada \u00e0 varia\u00e7\u00e3o da energia mec\u00e2nica, tal que:

$$\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}. \quad (2.7)$$

**Referencias:** Parte do texto foi extra\u00edda na \u00edntegra da refer\u00eancia: Conserva\u00e7\u00e3o de energia, dispon\u00edvel em: [www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Elizandra/conservacao.html](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Elizandra/conservacao.html) . Acesso em: 12 ago. 2019. Halliday, Resnick, Walker, Fundamentos de F\u00edsica - vol. 1 – Mec\u00e2nica, cap. 08, editora LTC - RJ, 10\u00b0 edi\u00e7\u00e3o, (2016).

Ap\u00f3s a explica\u00e7\u00e3o do professor, sugerimos que o V\u00eddeo 3 seja apresentado aos alunos, para que haja uma melhor compreens\u00e3o do tema:

**V\u00eddeo 3:** *Teaching with style; Mechanical Energy Conservation* (Tradu\u00e7\u00e3o do autor: ensino com estilo; conserva\u00e7\u00e3o de energia mec\u00e2nica) dispon\u00edvel no site: <https://www.youtube.com/watch?v=mhIOylZMg6Q>

- **AULAS 9 e 10**

**Objetivo** - Compreender a conserva\u00e7\u00e3o da energia total em dois sistemas dissipativos.

**Recursos Instrucionais** - Texto de apoio, v\u00eddeo, quadro negro e giz.

**Dura\u00e7\u00e3o** - 2 aulas de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos executem a experi\u00eancia utilizando, juntamente, o aplicativo de *smartphone*.

**Papel do professor** - O professor dever\u00e1 auxiliar os alunos na prepara\u00e7\u00e3o e desenvolvimento do experimento das bolinhas e instruir os alunos quanto ao uso correto do aplicativo de *smartphone*.

### **Experimento 1 – Energia: experimentos com bolinhas**

Al\u00e9m de utilizar o experimento com fins did\u00e1ticos, no caso, auxiliar os alunos na compreens\u00e3o dos conceitos das energias: potencial, cin\u00e9tica, mec\u00e2nica, dissipada e as leis de conserva\u00e7\u00e3o de energia mec\u00e2nica e de energia total, para

avaliação em relação ao desenvolvimento de suas competências e habilidades, têm-se como:

➤ **Objetivos específicos**

- Obter os dados das alturas em relação ao tempo de movimento observado;
- Obter os dados da energia acumulada quando a bolinha atinge o solo com uma determinada velocidade;
- Relacionar as alturas com seus respectivos tempos e a energia acumulada com o conceito de dissipação de energia.

**Materiais utilizados**

Os materiais utilizados, ilustrados na Figura 2.12, para esta experiência são:

- Smartphones com *Phyphox* instalado;
- Smartphones com *VideoShow* instalado (ou similar);
- 06 bolinhas de borracha pequenas (encontradas em máquinas automáticas de R\$ 1,00);
- 6 bolinhas de borracha médias (encontradas em lojas de brinquedos);
- 12 tiras de cartolina de 1,0 metro com marcações (que serão usadas como se fossem fitas métricas);
- 12 guias de instruções e um aparelho de *Smartphone* disponível em cada grupo (que possua o aplicativo *Phyphox* instalado).

**Figura 2.12** – Imagem fotográfica dos materiais utilizados no Exp. 1.



Fonte: o autor, 2019.

**Metodologia e Procedimento Experimental**

- 1- Definir qual dos alunos será responsável pelas filmagens, qual aluno soltará as bolinhas (e também esse fará as anotações) e qual aluno irá posicionar e segurar corretamente a fita métrica de papel;
- 2- Organizar os materiais experimentais corretamente, para isso cada grupo deverá ter em mãos: duas bolinhas de massas diferentes (chamaremos de bolinha 1 e bolinha 2); uma fita de papel para medições de altura (de 1,5 metro de comprimento); além de pelo menos dois aparelhos *smartphone* (sendo que pelo menos em um deles deverá ter o aplicativo *Phyphox* já instalado);
- 3- Em silêncio total, iniciar o aplicativo *Phyphox* em pelo menos um *smartphone* e deixá-lo parado sobre a carteira (ou mesa), sendo que o aparelho *smartphone* deverá ficar próximo do local onde serão soltas as bolinhas. Selecionar a opção 'colisão (in)elástica' (não apertar *play* ainda);
- 4- Verificar se a carteira (ou mesa) está totalmente plana e com os pés bem fixados no chão, caso contrário, deve-se adaptar a carteira de modo que ela fique plana;
- 5- Posicionar corretamente a fita de medições, sendo que esta deverá ficar atrás da mesa (mas próxima a ela) para que as medidas sejam precisas;
- 6- O aluno que vai fazer as filmagens deve se posicionar corretamente com seu *smartphone* para que as filmagens fiquem nítidas;
- 7- Após tudo posicionado corretamente, verificar se a sala está em silêncio total, se estiver, apertar '*play*' no aplicativo e soltar a bolinha 1 de uma altura inicial de 50 *cm*, enquanto o outro aluno filma o seu movimento (Lembrete: o sucesso dessa experiência depende, também, do silêncio entre todos os alunos);
- 8- Após realizar o experimento corretamente, inicialmente, **Etapa 1** - anotar todos os valores possíveis numa folha de papel e tirar *print screen* da tela do *smartphone*. Deverão ser anotados: todas as alturas, tempos e, as quantidades de energias acumuladas ( $E$ ) na colisão com o solo que está na outra aba, escrita Energia. Caso a *Etapa 1* não funcione corretamente (algo que é muito comum de ocorrer) tentar novamente quantas vezes forem necessárias, até atingir valores coerentes para alturas, tempos e energia e obter uma boa filmagem;
- 9- Realizar a **Etapa 2**: posição onde a bolinha 1 deverá ser solta, mas agora a uma altura de 80 *cm*, o método para essa experiência é o mesmo que foi descrito nos passos 7 e 8;

10- Após concluir a Etapa 2 corretamente, realizar a **Etapa 3**. Nesse caso, utilizar a bolinha 2, verificar se a sala está em silêncio total, soltar a bolinha 2 de uma altura de 50 cm enquanto o outro aluno filma o seu movimento. Anotar todos os valores de tempo, alturas e energias;

11- Após ter realizado a Etapa 3 corretamente, realizar a Etapa 4 (final) onde a bolinha 2 deverá ser solta a uma altura de 80 cm, o método para essa experiência é o mesmo que foi utilizado para a bolinha 2. Lembrar de anotar todos os valores;

12- Após todas as quatro etapas do experimento colisão in(elástica) realizadas corretamente, verificar se os dados foram todos anotados para cada uma delas e se os vídeos de seus movimentos foram salvos corretamente.

Lembrando que esse experimento deve ser realizado num ambiente com pouco barulho, pois o aplicativo precisa captar o som da bolinha quicando na superfície, sugerimos a biblioteca, o pátio ou o laboratório de ciências da escola ou então o professor pode optar por deixar metade dos grupos na sala de aula e a outra metade em outro ambiente escolar.

Sugerimos ainda que o professor avise aos alunos que **é essencial que os smartphones utilizados possuam capa protetora e película de tela**, com o objetivo de proteger os aparelhos.

Após entregar o guia de instruções aos alunos, ler em voz alta e explicar cada um dos passos, pedir para que formem grupos de três ou quatro alunos e iniciar as experiências.

Com a finalização de todas as quatro experiências por todas as equipes, o professor deve recolher as anotações, recolher os materiais, organizar corretamente a sala de aula e solicitar que os alunos enviem os vídeos da experiência por *e-mail*. Lembrando que execução e a filmagem farão parte da avaliação.

- **AULA 11**

**Objetivo** - Compreender a conservação da energia e a energia dissipada

**Recursos Instrucionais** - Quadro negro e giz, experiência e *smartphone*.

**O que se espera** - Que os alunos associem a experiência demonstrativa com a conservação da energia.

**Papel do professor** - O professor deverá montar o aparato experimental, realizar a experiência do plano inclinado e explicá-la aos alunos, associando-a a conservação da energia.

### **Experimento 2 - Energia: plano Inclinado**

Neste experimento que também trata dos mesmos conceitos referentes ao Experimento 1 (um corpo em queda livre), é avaliado em outro sistema, cuja configuração o corpo estará em contato com a superfície tendo atrito entre elas, e a forma de tratamento será diferente do Experimento 1. Os objetivos neste caso foram:

- Obter experimentalmente os valores da aceleração gravitacional durante o movimento de deslizamento do *smartphone* no plano inclinado por meio de um aplicativo;
- Aprender a extrair a informação desejada de um gráfico (forma da resposta dada pelo aplicativo);
- Calcular as diversas formas de energia utilizando os dados obtidos.

#### **Materiais Utilizados**

- 1 Canaleta elétrica ou eletro calha de cerca de 2 metros de comprimento e largura mínima de 6 cm (metálica ou de PVC);
- Smartphone com Phyphox instalado e com função acelerômetro;
- Esponja ou pedaço de espuma sintética.

#### **Procedimento Experimental**

Inicialmente, o professor deverá montar o aparato experimental, conforme mostra a Figura 2.13. Para isso, sugerimos o uso de uma canaleta de metal para fios de eletricidade, embora outros materiais também possam ser utilizados para a base do plano inclinado. Esse material deverá ter pelo menos 1,0 *metro* de comprimento, deve oferecer pouco atrito ao *smartphone* e deverá acomodar o aparelho no seu eixo central, a fim de que ele possa deslizar com certa facilidade.

**Figura 2.13** – Imagem da montagem do aparato experimental para o experimento do plano inclinado com o auxílio do *Phyphox*: canaleta de alumínio e espuma amarrada na extremidade inferior.



Fonte: o autor, 2019.

No caso do presente trabalho, a canaleta possui 1,90 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,60 m de altura, sendo que em uma de suas extremidades (que ficará na extremidade inferior do plano inclinado) foi fixada utilizando um barbante uma esponja de lavar automóveis. O objetivo dessa esponja é amortecer o impacto da colisão do *smartphone* em seu movimento final de percurso. Para deixar a canaleta inclinada, pode-se utilizar algum degrau na parede da sala de aula, Figura 2.13, caso isso não seja possível, pode-se utilizar um pedaço de madeira como apoio de tamanho suficiente de forma que ao fazer o teste o *smartphone* deslize para escolher o ângulo de inclinação.

O experimento foi realizado para um único ângulo de inclinação, e de forma conjunta (docente supervisionando com o auxílio de 2 estudantes, os demais observam), pois o *smartphone* utilizado nessa experiência deverá conter capa protetora e película de tela, deverá ter o aplicativo *Phyphox* instalado e ter sua massa aferida antes da realização dessa experiência, por esses motivos, o *smartphone* do professor é o mais recomendado para a sua realização.

Fica como sugestão variar o ângulo de inclinação e coletar mais dados.

Após a montagem correta do aparato experimental, o professor deverá dizer o objetivo desse experimento aos alunos, citando também os materiais utilizados e como será realizado o cálculo da energia dissipada, e a obtenção dos dados durante o movimento de descida do *smartphone*.

Para isso, sugerimos que o professor desenhe uma representação esquemática da montagem experimental no quadro (juntamente com suas medidas adequadas), como na Figura 2.14. E, escreva numa parte do quadro a equação da energia potencial gravitacional, seguida da equação da energia cinética, da equação da aceleração média e da equação que relaciona a energia mecânica com a energia dissipada.

Em seguida, o professor pode convidar um ou dois alunos para irem até o local onde está o aparato experimental para participarem ajudando na execução do experimento. Um aluno deverá ficar com o *smartphone* em mãos, iniciar o aplicativo *Phyphox*, selecionar o experimento 'Aceleração com g' e colocar o *smartphone* no topo do plano inclinado<sup>5</sup>, apertar o botão 'play' e liberar (sem impulso) o *smartphone* para que ele realize seu movimento de deslizamento sobre a canaleta (plano inclinado).

Após isso, outro aluno poderá retirar o *smartphone* da base do plano inclinado, apertar o botão 'pause' e verificar se os gráficos ficaram nítidos (nessa etapa o professor também deverá auxiliar na análise). O objetivo dessa análise é justamente extrair o valor da aceleração no gráfico 'acelerômetro y' (caso haja algum erro de procedimento, o procedimento experimental deve ser repetido). Depois de encontrado o valor da aceleração do *smartphone* em  $m/s^2$  na direção y, o professor deverá efetuar os cálculos no quadro, com o objetivo de encontrar a energia dissipada durante o movimento do *smartphone*.

### Obtenção da expressão da energia dissipada

Partindo da equação da aceleração escalar média  $a$  e obter o valor da velocidade final do *smartphone*  $v_f$  (como o *smartphone* parte do repouso, adotar  $v_0 = 0 m/s$ ).

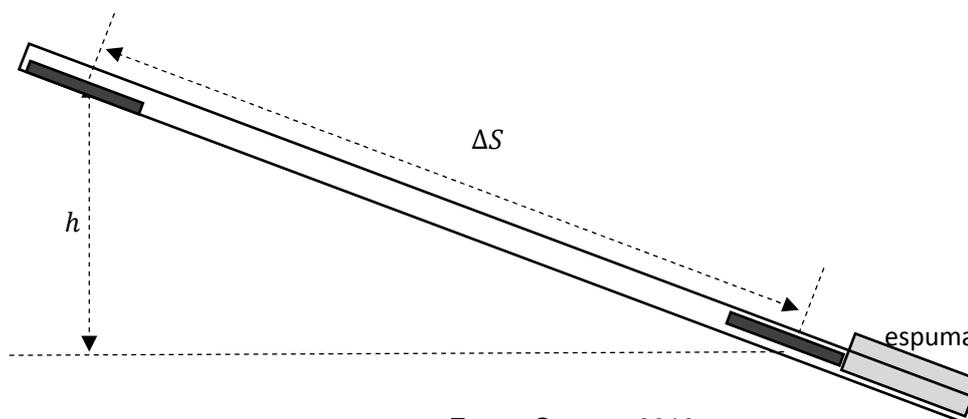
$$v_f^2 = v_0^2 + 2a \Delta S \xrightarrow{v_0=0} v_f = \sqrt{2a \Delta S} \quad (2.8)$$

em que:  $\Delta S$  é o comprimento da trajetória feita pelo *smartphone* dentro da calha em metros (Figura 2.14).

---

<sup>5</sup>É importante o professor deixar claro para os alunos que o *smartphone* tem que ser solto do topo da canaleta e não empurrado com a mão. Caso o professor prefira, ele pode realizar mais de uma medida e calcular a média aritmética simples e utilizar o valor médio nas equações.

**Figura 2.14** - Desenho esquemático da montagem do Experimento 2.



Fonte: O autor, 2019.

Com o valor da velocidade é possível encontrar o valor da energia cinética  $E_c$  do aparelho no ponto mais baixo da trajetória antes de colidir com a espuma:

$$E_c = (1/2) m v_f^2. \quad (2.9)$$

Sendo  $m$  a massa<sup>6</sup> do aparelho em quilogramas.

Encontrar o valor da energia potencial gravitacional  $E_{pg}$  do *smartphone* quando ele estava na parte mais alta da trajetória, onde  $v_0 = 0 \text{ m/s}$ :

$$E_{pg} = mgh$$

$h$  é a altura desde do local de liberação do *smartphone* (Figura 2.12) até a parte mais baixa da trajetória em metros e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  é a aceleração gravitacional.

Usando os valores da energia cinética e da energia potencial gravitacional é possível utilizar o princípio da conservação de energia e encontrar a energia dissipada ( $E_{dissipada}$ ) desse movimento, Eq. (2.13):

$$\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}.$$

Em que:

$$E_{dissipada} = E_p - E_c.$$

Após realizar os cálculos, o professor explica o conceito de energia dissipada, explica também que nesse experimento boa parte da quantidade de energia potencial contida inicialmente no *smartphone* foi dissipada principalmente pelo atrito entre o aparelho e a canaleta.

---

<sup>6</sup>A massa do *smartphone* pode ser determinada por meio de uma balança, ou mesmo obtida na *internet*, sabendo-se a marca e o modelo.

**SUGESTÃO** - Por meio desta mesma montagem experimental, pode ser usado para determinar o ângulo necessário para vencer a força de atrito estática  $f_a$  entre o celular e a canaleta. Para isso, posicione o celular sobre a canaleta que devem estar na horizontal. Selecionar no *Phyphox* em ferramentas a opção inclinação e clique para ativar. Vai-se aumentando a inclinação da canaleta, até um pouco antes do celular começar a movimentar-se. Determina-se este ângulo  $\theta$  entre a canaleta e a horizontal. A partir da 2ª Lei de Newton  $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_{est.}} = ma = 0$  pode-se descobrir a força de atrito estático  $f_{a_{est.}}$ . E, de aplicando a segunda lei de Newton no sentido perpendicular ao plano, em que o celular terá as forças em equilíbrio, fornecerá que:  $\sum F = N - P_y = 0 \Rightarrow N = P_y = mg \text{ cos}\theta$ . Sabendo que  $f_{a_{est.}} = \mu_{est.}N$ , substituindo os resultados anteriores, obtém-se o coeficiente de atrito estático entre o celular e o plano:  $mg \text{ sen}\theta = \mu_{est.}mg \text{ cos}\theta$ , ou melhor:  $\mu_{est.} = tg\theta$ .

**Observação** - Caso não tivesse o aplicativo para obter o valor da aceleração da equação (2.8), teria-se que utilizar a equação obtida a partir da 2ª Lei de Newton  $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_c} = ma$  no sentido do movimento do celular obtém-se que  $a = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c N}{m} = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c mg \text{ cos}\theta}{m} = g(\text{sen}\theta - \mu_c \text{cos}\theta)$ . Logo seria necessário conhecer ou determinar o valor do coeficiente de atrito cinético ( $\mu_c$ ) entre o material da capa do celular e da canaleta de alumínio.

## **AULA 12**

**Objetivo** - Avaliar o aprendizado dos alunos de forma quantitativa.

**Recursos Instrucionais** - Questionário impresso, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos realizem as atividades de forma correta demonstrando o que aprenderam sobre o tema Energia.

**Papel do professor** - O professor deverá avaliar os alunos, entregando-lhes o questionário e escrevendo o mapa conceitual no quadro.

### **Encaminhamento da atividade**

No primeiro momento o professor deverá entregar um questionário para cada aluno. O questionário utilizado será igual ao questionário adotado (disponível no Apêndice A) na Aula 1 desta sequência didática. Esse questionário deverá ser feito

individualmente e sem consulta, o tempo médio para respondê-lo deve ser em torno de 15 minutos. Após esse tempo, o professor deverá recolher os questionários.

O segundo momento consiste na elaboração de outro mapa conceitual no quadro, essa atividade proposta é igual àquela que foi proposta na Aula 1 deste material. O mapa conceitual será construído por meio das palavras que os alunos irão dizer sobre o tema energia, o objetivo é comparar os dois mapas conceituais e verificar o que eles aprenderam.

Para essa elaboração é sugerido que o professor escreva a palavra 'Energia' bem no centro do quadro negro, após isso, explicar aos alunos como será feita a atividade. Essa atividade deve durar entre dez e quinze minutos. Também é sugerido que os alunos e o professor registrem o mapa conceitual em uma folha de papel.

### 3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional foi aplicado seguindo a sequência didática (Quadro 2.1), nos meses de outubro e novembro de 2019 em duas turmas de ensino médio. A sequência didática proposta foi organizada em doze aulas, mas essa quantidade de aulas deve ser readequada de acordo com a realidade do público alvo.

Na aplicação aqui descrita o tempo de aplicação foi exatamente doze aulas em cada turma. Em alguns momentos o professor optou por resumir alguns textos de apoio presentes na sequência didática, isso foi feito para agilizar a aplicação.

O professor que aplicou essa sequência didática é justamente o autor desse trabalho, na época da aplicação, o professor era contratado por processo seletivo simplificado (PSS) como docente representante pela Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná.

Essa aplicação teve por objetivo cumprir a norma dos critérios do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física/Sociedade Brasileira de Física, que orienta que o produto educacional desenvolvido seja aplicado em sala de aula para sua validação. Ressaltando que esse processo em nada prejudica o conteúdo a ser ministrado em sala de aula de acordo com o conteúdo programático que deve ser respeitado. Vindo somente a auxiliar a ministrar o conteúdo com outras ferramentas auxiliares com o intuito de fortalecer o processo ensino-aprendizagem. Além disso, como há o uso de *smartphone* a diretoria responsável autorizou a aplicação da presente proposta.

Nessa parte do trabalho será apresentada uma descrição resumida de como foi à aplicação desse material na turma 1ºA da referida escola.

#### 3.1 - AULA 1

Na primeira aula foi aplicado o questionário inicial de energia (Apêndice A). Inicialmente, foi explicado como a atividade deveria ser realizada: individual, com 15 minutos para responder as questões de múltipla escolha, sem consultar o material e sem consultar o *smartphone*; foi explicado também que não era uma avaliação, mas



outro aluno disse: “ela (se referindo ‘a energia’) é brilhante, amarela, da cor da lâmpada”.

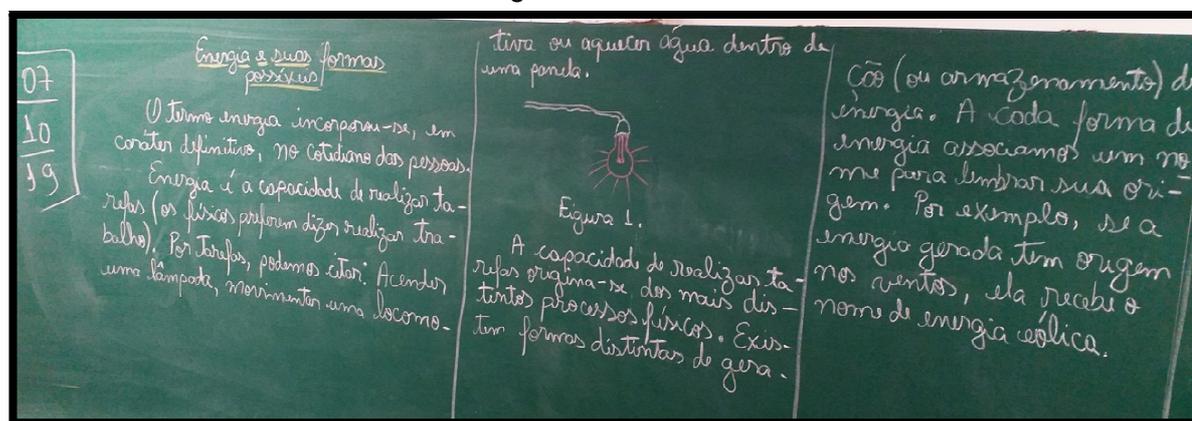
Após o debate entre eles, analisou-se a segunda questão (Apêndice A), a grande maioria concordou que uma locomotiva em movimento possui energia. Mas quando perguntados de como sabiam que ela possuía tal energia, pensaram alguns segundos até que um deles disse: “porque ela está em movimento”, todos os demais concordaram com sua fala.

Na terceira questão (Apêndice A), disseram que sim, uma bola quicando possui energia, enquanto que na quarta questão (Apêndice A) elencaram: “energia elétrica, energia eólica, energia nuclear e energia estática”.

Por fim, na quinta questão (Apêndice A) ficaram quietos e pensativos durante uns 10 segundos, até que um dos alunos disse: “energia é algo útil para funcionar equipamentos”. Após essas duas falas, ninguém disse mais nada e pareciam pensativos.

Com o fim dos questionamentos e dos debates, fizemos um resumo do texto *Energia e suas formas possíveis* (organizadores prévios), que faz parte da sequência didática e, esse resumo foi escrito no quadro (Figura 3.2).

**Figura 3.2-** Imagem fotográfica do quadro referente ao resumo do texto feito em aulas sobre energia e suas formas.



Fonte: o autor, 2019.

Após copiarem as anotações do quadro, o professor explicou o texto: “Energia e suas possíveis formas” (seção 2.3.1).

Em seguida, foi apresentado o vídeo sobre energia e suas formas, com duração aproximada de 5 minutos, o vídeo foi mostrado por meio da TV *pendrive* que fica dentro da sala de aula. A maioria, dos alunos, assistiu ao vídeo, enquanto

que alguns alunos se mostraram sonolentos/desinteressados. Ao terminar o vídeo a aula foi encerrada.

### 3.3 - AULA 3

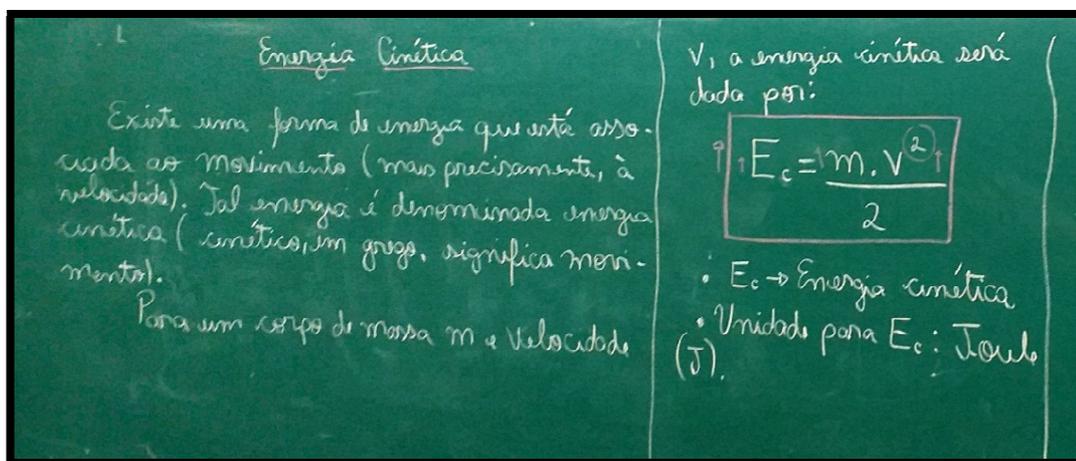
Seguindo a sequência didática, o objetivo dessa aula era definir o conceito de energia cinética ( $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ ).

Inicialmente, foi apresentada no quadro uma questão para gerar reflexão nos alunos e verificar os possíveis subsunçores. A questão era: “quem terá mais energia: Patrick, de massa igual a 50 Kg, correndo a uma velocidade de 4 m/s ou João, de massa igual a 100 Kg, correndo a uma velocidade de 2 m/s?”.

Alguns alunos responderam rapidamente a questão, afirmando que os dois teriam a mesma energia, pois " $E_c = (50)(4) J$ " (Patrick) seria igual a " $E_c = (100)(2) J$ " (João), não foi afirmado que eles estavam certos ou errados, apenas perguntou-se novamente para todos: “Será que é isso mesmo, os demais concordam?”, após mais alguns minutos de pensamento em torno da questão, e informou-se a eles que no final da aula chegaríamos à resposta correta da pergunta.

Mas antes precisaríamos estudar uma forma de energia que se relaciona ao movimento, então se escreveu um resumo do texto sobre energia cinética (organizador prévio) que está na sequência didática, conforme apresentada na Figura 3.3:

**Figura 3.3** – Imagem fotográfica do quadro referente ao resumo do texto feito em aula sobre energia cinética.



Fonte: o autor, 2019.

Após isso, foi explicado o texto a eles. A explicação demorou uma média de cinco minutos e **buscamos enfatizar o termo ‘velocidade ao quadrado’** na expressão da energia cinética, isso seria importante para responderem à questão que iniciou a aula.

Em seguida, voltamos ao debate inicial da questão sobre as massas de Patrick e João. Foi lida novamente a questão a eles e, sem pensar muito, alguns responderam que era Patrick, pois ele estava mais rápido. Após alguns segundos, outros falaram que poderia ser João; no geral, a turma estava dividida nas respostas e não chegaram a um acordo comum.

Após o debate, a questão foi calculada no quadro e puderam verificar que o termo ‘velocidade ao quadrado’ na expressão fez a diferença para que Patrick possuísse maior energia ( $400 J$ ) em relação a João ( $200 J$ ), que nesse caso chamamos de energia cinética, após isso a aula foi encerrada.

O interessante é que o conceito que estavam utilizando para obter o valor, não era o de Energia cinética, mas sim o de quantidade de movimento  $p = mv$ , que no caso fornece o mesmo valor,  $200 Kg m/s$  para Patrick e para João.

### **3.4 - AULA 4**

O objetivo dessa aula foi aplicar os conhecimentos adquiridos sobre energia cinética. Para isso, entregou-se uma folha de sulfite contendo as questões sobre energia cinética para cada aluno, as questões estão na sequência didática (Capítulo 2). Foi esclarecido que deveriam colar a lista no caderno, e tentar resolvê-la, eles teriam em torno de 20 minutos para resolver, e que a atividade poderia ser realizada em duplas.

Passados os 20 minutos, apenas alguns alunos tinham terminado de resolver as questões, por isso fornecemos mais 10 minutos e pedimos para os alunos que já tinham terminado auxiliassem os demais. Após esse tempo, a grande maioria dos alunos já havia terminado de resolver, então fomos ao quadro e resolvemos as questões no quadro explicando-as. Ao término da correção a aula foi encerrada.

### **3.5 - AULA 5**

O objetivo dessa aula era definir a energia potencial gravitacional.

Novamente, iniciou-se com uma questão para refletirem (a fim de verificar os possíveis subunçores), a questão que foi lida era a seguinte “sabemos que um tiro dado para cima (na direção vertical) pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?”.

Após alguns segundos, uma aluna disse que a bala pode cair, pois tudo que é jogado para cima, uma hora cai. Em seguida foi questionado a ela o que isso teria a ver com energia, ela disse “*que a bala tem energia, pois foi disparada por uma arma, e isso a deu energia*”. Após ter escutado com atenção, foi perguntado aos demais se eles concordavam com a resposta da jovem; como quase sempre, a maioria apenas observa e concorda com o que é falado.

Enfim um aluno respondeu “*depende professor, se tiver algum vento, já atrapalha tudo*”. Então foi informado para que desconsiderasse a resistência do ar. Ele pensou um pouco, até que lhe foi questionado pelo docente: qual é a força que faz a bala se movimentar direção ao solo? Ele disse que era a gravidade, então foi indagado: existe algum tipo de energia devido à aceleração da gravidade? ao qual o aluno respondeu que “*pode ser*”.

Após, foi apresentado para eles um vídeo (organizador prévio) de aproximadamente 6 minutos de duração, que ilustrava o movimento de uma montanha russa que é tida como uma das mais altas do mundo.

Em seguida, foi feito um resumo do texto, (organizador prévio) *Energia potencial gravitacional*, que faz parte da sequência didática. Esse resumo foi escrito no quadro. Após a explicação do texto (durou cerca de 10 minutos) e tirado as dúvidas dos alunos, percebeu-se que como faltavam poucos minutos para acabar a aula, esta foi encerrada.

### **3.6 - AULA 6**

O objetivo dessa aula era compreender melhor a energia potencial gravitacional. Para isso, foram utilizadas algumas questões (avaliação de aprendizagem) sobre o tema. Entregamos uma folha impressa para cada aluno e foi pedido que formassem grupos de três para debater e resolver as questões.

Enquanto eles se organizavam, o docente passou pelos grupos tirando as possíveis dúvidas. Mais uma vez os alunos desta turma, de uma maneira geral, se

mostraram interessados em resolver as questões corretamente (mostrando predisposição para aprender).

Percebeu-se que a questão em que eles mais tinham dúvidas era a de número 4, principalmente nas alternativas *b* e *c*. Após uns 20 minutos, verificou-se que a maioria dos grupos já havia terminado de responder as questões, então, no quadro, corrigimos as questões explicando-as passo a passo.

Demorou cerca de 10 minutos para corrigir e explicar tudo, então, foi solicitado para que perguntassem ou fizessem algum comentário sobre as questões, ao que um aluno perguntou: “e se a gente cavar um buraco fundo, no pé de uma árvore com frutos, isso poderia afetar a energia potencial gravitacional que uma fruta possui?” Esta questão foi considerada bem interessante e explicamos para ele que sim, isso poderia alterar a energia armazenada na fruta que está na árvore, pois a altura (*h*) em relação ao “solo” (referência a base do buraco) seria maior. Após responder a ele, encerramos a atividade e a aula.

### 3.7 - AULA 7

O objetivo dessa aula era apresentar aos alunos a energia potencial elástica. Para isso, o docente levou para a sala dois elásticos de mesmo comprimento (nesse caso cada um possuía 10 *cm* de comprimento), sendo que um era feito de borracha (um elástico de dinheiro) e o outro feito de látex (conhecido como “mangueira para estilingue” ou de garrote usado em hospital) e uma régua de 30 centímetros de comprimento.

Inicialmente, um aluno foi convidado para ajudar na execução das experiências demonstrativas. Pegamos o elástico de borracha, aplicamos uma determinada força para deformá-lo com a outra mão, fomos até o quadro e, com ajuda do aluno, fizemos a marcação do quanto esse elástico esticou, depois medimos com a régua e verificamos que, com a força aplicada o elástico passou a ter 18 *cm* de comprimento, então concluímos que a deformação dele foi de 8 *cm*, pois:

$$\Delta x = x_f - x_i = 18 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 8 \text{ cm} ,$$

em que:  $x_f$  é o comprimento do elástico esticado,  $x_i$  é o comprimento inicial do elástico e  $\Delta x$  representa a deformação do elástico.

Em seguida, repetiu-se o mesmo procedimento para o elástico de látex, procurando aplicar aproximadamente a mesma força para esticá-lo, e verificou-se que ele passou a ter 12 cm de comprimento quando esticado:

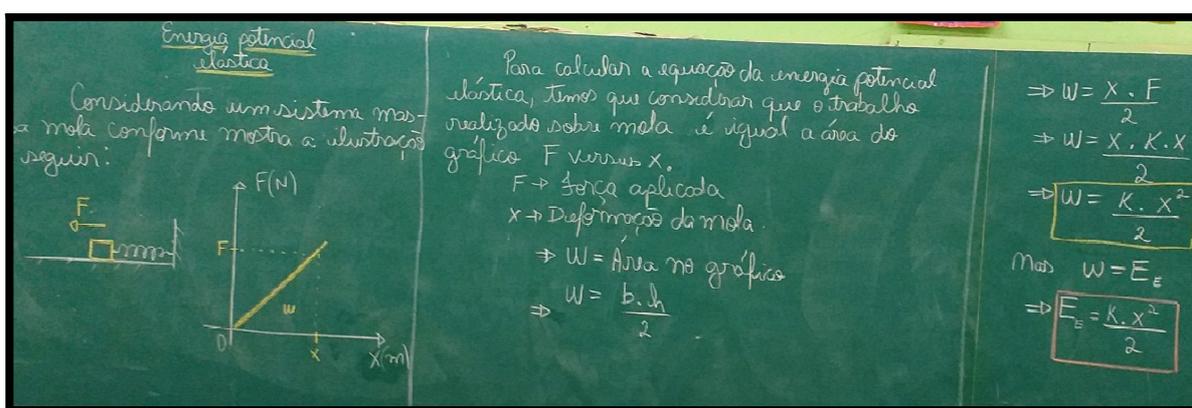
$$\Delta x = x_f - x_i = 12 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 2 \text{ cm}.$$

Depois de realizadas esses dois experimentos, iniciou-se um debate com a turma, a fim de verificar os possíveis subsunçores, a primeira questão foi: “Por que o elástico de borracha esticou bem mais do que o outro, sendo que foi aplicada praticamente a mesma força neles?”, ao que um aluno disse “por que eles eram diferentes”.

A segunda indagação foi “percebemos que um elástico se deformou mais do que outro, aplicando a mesma força aproximadamente, qual deles possuirá mais energia armazenada?”. A maioria dos alunos que opinou dizendo que o elástico que se deformou mais, no caso o elástico de borracha, era o elástico que possuía maior energia armazenada para disparar um projétil.

Em seguida, foi escrito no quadro um resumo do texto (organizador prévio) sobre energia potencial elástica, incluindo a dedução matemática da equação desse tipo de energia a partir do gráfico da força aplicada  $|\vec{F}_{el}| = F$  versus a deformação do elástico  $x$ , pois considerou-se  $x_i = 0$ , conforme mostra a Figura 3.4:

**Figura 3.4-** Imagem fotográfica do quadro apresentando o resumo do texto sobre energia potencial elástica.



Fonte: o autor, 2019.

Após os alunos registrarem o texto escrito no caderno, o professor explicou o conteúdo a eles, em seguida alguns alunos fizeram algumas perguntas ao professor, após isso, a aula foi encerrada.

### 3.8 - AULA 8

O objetivo dessa aula é definir o princípio da conservação da energia.

Para isso, foi realizada uma pergunta para a turma (com o objetivo de verificar os possíveis subsunçores): “já estudamos algumas formas de energia, mas será que é possível criar energia cinética? E energia potencial gravitacional? Explique suas respostas”.

Inicialmente, uma aluna disse que *sim, é possível criar a energia cinética se uma pessoa estiver correndo*. Depois disso, outro aluno afirmou *que a energia não pode ser criada, apenas transformada*. Foi perguntado para os demais alunos se eles concordavam com a fala do colega, alguns disseram que sim, os demais ficaram apenas olhando.

Após isso, foi escrito no quadro um resumo do texto (organizador prévio) da conservação da energia, presente na sequência didática (Apêndice A). Após os alunos registrarem o resumo do texto, o tema lhes foi explicado detalhadamente, não houve questionamentos por parte dos alunos nesse momento.

Após isso, o Vídeo 3 da sequência didática (Capítulo 2), sobre conservação da energia, foi apresentado a eles. Enquanto o vídeo era apresentado na TV *pendrive*, ele foi pausado algumas vezes para que o professor fizesse alguns comentários. Isso foi necessário, uma vez que o vídeo estava na língua inglesa, o que não foi um problema, pois os alunos puderam compreender bem a ideia do vídeo, que era uma experiência demonstrativa sobre o princípio da conservação da energia.

### 3.9 - AULAS 9 e 10

O objetivo dessa aula foi fazer os alunos melhorarem sua compreensão do princípio da conservação da energia mecânica utilizando experiências simples com um aplicativo de *smartphone* (organizadores prévios).

Para iniciar a atividade, foi pedido para os alunos montarem grupos, de três ou quatro cada. Após isso, o professor distribuiu um guia de instruções impresso para cada aluno. Com o guia em mãos, o professor realizou a leitura e explicação deste junto aos alunos, em seguida dúvidas dos alunos foram sanadas. Em seguida

o professor distribuiu os materiais necessários, sendo: duas bolinhas e uma fita métrica de cartolina (Figura 2.12) para cada grupo.

Após isso, foi necessário um minuto para conscientizar os estudantes de que esse experimento deveria ser realizado com o mínimo de barulho possível. Em seguida, o professor autorizou que os alunos iniciassem o experimento. Esse se tratava em liberar uma bolinha de uma determinada altura controlada e captar o som dela quicando no apoio (carteira de aula ou chão) via *smartphone* para obter os resultados via *Phyphox*, além disso, que fosse registrado via *VideoShow*. Conforme metodologia e procedimento experimental exposto no Capítulo 2 – Aulas 9 e 10.

O professor foi passando de grupo em grupo, ficando no máximo um minuto em cada grupo. Com cerca de dez minutos decorridos, ficou evidente que a maioria não estava conseguindo realizar a atividade com o *smartphone*, pois havia muito barulho na sala de aula, principalmente por conversas entre os estudantes; foi necessário que o professor deixasse metade dos grupos para realizar o experimento dentro da sala de aula, sendo que a outra metade iria ao pátio da escola realizar a atividade, com isso os alunos tiveram menos problemas de barulho no decorrer da atividade.

Percebeu-se que alguns grupos estavam conseguindo realizar o experimento com certa facilidade, enquanto outros pareciam ter dificuldades para tirar as primeiras medidas.

No geral, as dificuldades encontradas foram às seguintes: o aplicativo não registrava os dados conforme a bolinha quicava ou então o vídeo feito durante a atividade não registrava fatos importantes, como o movimento da bolinha e o *smartphone*. Durante essas duas horas aulas o professor teve muito trabalho, ficando alguns minutos na sala de aula e outros minutos no pátio da escola, auxiliando os estudantes.

Conforme o tempo ia passando, alguns grupos já iam conseguindo realizar todas as etapas do experimento solicitado (o experimento foi realizado com bolinhas de materiais diferentes), juntamente com as filmagens solicitadas; esses grupos entregavam os dados obtidos numa folha de papel e, a partir disso, o professor pediu para que eles ajudassem os demais grupos.

Quando faltavam cinco minutos para o término da segunda aula, o professor autorizou que os alunos que estavam no pátio retornassem à sala de aula. Somente

um grupo não conseguiu realizar o experimento com duas bolinhas e obter os dados das mesmas, nesse caso, o professor permitiu que esse grupo terminasse a atividade como tarefa de casa.

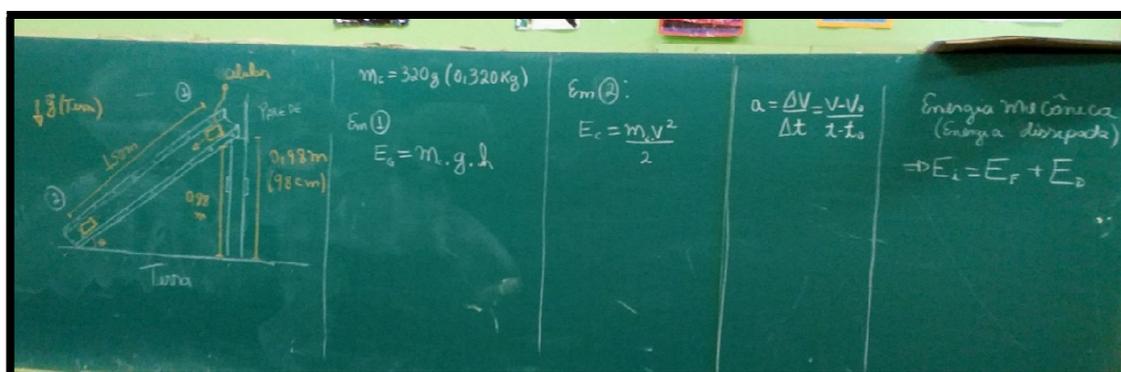
Em seguida, o professor pediu para que devolvessem os materiais utilizados, arrumassem a sala de aula e, quando pudessem, enviassem os vídeos realizados durante as experiências para o líder de turma, para que este pudesse encaminhá-los ao professor. Com isso a aula foi encerrada.

### 3.10 - AULA 11

Primeiro o professor montou o experimento dentro da sala de aula utilizando os materiais descritos na sequência didática (Experimento Plano inclinado apresentado no Capítulo 2 – Aula 11). Em seguida, desenhou-se uma representação esquemática da montagem experimental (Figuras 2.13 e 2.14) no quadro (Figura 3.5).

Aguardaram-se alguns minutos para que os alunos registrassem essas informações no caderno e, em seguida, foi explicado como seria realizada esse experimento, o objetivo, os materiais, e demais tópicos, conforme apresentado no Capítulo 2 – Aula 11. Após os alunos compreenderem a explicação, o professor solicitou para que um aluno fosse à frente da sala de aula para auxiliá-lo durante o desenvolvimento experimental, enquanto outro aluno ficaria encarregado de fazer filmagens durante a realização desse experimento.

**Figura 3.5** - Imagem fotográfica do quadro sobre o desenho da montagem experimental e equações utilizadas para calcular a energia dissipada.



Fonte: o autor, 2019.

Em seguida, o experimento foi iniciado (organizador prévio) usando o *smartphone* do professor (que já possuía capa protetora e película, e que já tinha a massa aferida em  $K$ ). O aplicativo *Phyphox* foi iniciado e o experimento 'aceleração com g' foi selecionado.

Colocou-se em seguida o *smartphone* no topo da canaleta e foi realizada a primeira tentativa de obter o valor da aceleração no aplicativo. Porém verificou-se um erro, o *smartphone* não teve um movimento contínuo sobre o plano inclinado, pois ele colidiu com as bordas da canaleta e teve um movimento de descida muito lento, isso não deveria ter ocorrido<sup>7</sup>, por esse motivo foi feita uma segunda tentativa.

Na segunda tentativa, após posicionar o celular centralizado para deslizar sem se deslocar para as bordas, o experimento foi realizado com sucesso e o valor da aceleração do aparelho no movimento de descida sobre o plano inclinado foi obtido no aplicativo. Foi adotado o valor de maior pico do gráfico. Com isso, o professor relatou para os alunos o valor encontrado e começou uma explicação de como seriam feitos os cálculos para conseguir obter o valor da energia dissipada pelo aparelho durante o movimento de descida.

A saber,  $E_{diss} = (E_{potencial} = mgh) - (E_{cinética} = \frac{1}{2}mv^2)$  em que  $v^2 = 2a\Delta S$  obtida usando a eq. de Torricelli.

Quando o professor terminou os cálculos, ele explicou o que era energia dissipada e por que ela surgiu no movimento de translação (deslizamento) do aparelho sobre a canaleta inclinada. Após tirar algumas dúvidas dos estudantes, a aula foi encerrada.

### 3.11 - AULA 12

O objetivo dessa aula foi a de verificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos durante a aplicação do Produto Educacional, baseada na SD, sobre o tema Energia. Para isso o professor explicou aos alunos que iria lhes aplicar um pequeno teste, esse teste deveria ser resolvido individualmente, sem consultar os materiais e

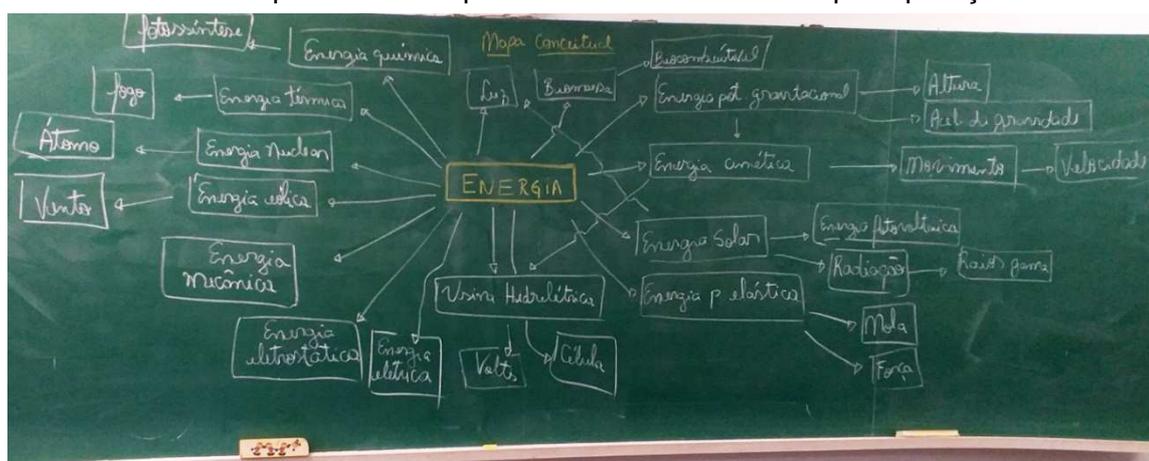
---

<sup>7</sup>Observou-se que o celular se direcionou para a borda por não ter sido solto do centro da canaleta, o aparelho deve estar centralizado no topo da canaleta para que o movimento de deslizamento seja contínuo e sem possíveis colisões com as bordas. Além disso, é importante verificar se a capa protetora do celular não oferece muito atrito à canaleta, o mais recomendado é que o material da capa seja rígido e liso para facilitar o movimento de deslizamento e continuar protegendo o aparelho.

com duração máxima de quinze minutos. Todos os alunos responderam o questionário (Apêndice A) no tempo proposto.

Em seguida, o professor escreveu a palavra energia no centro do quadro e explicou a eles que um novo mapa conceitual seria feito. O professor incentivou a participação dos estudantes e, aos poucos, o mapa conceitual foi criado (Figura 3.6).

**Figura 3.6** – Imagem fotográfica do quadro contendo o mapa conceitual sobre Energia elaborado com palavras ditas pelos alunos da turma 1<sup>o</sup>A após aplicação do PE.



Fonte: o autor, 2019.

Sendo a aula encerrada após registrar o mapa conceitual, e comentários sobre a evolução dos alunos dando um retorno a eles na própria aula.

Após ser feita a correção do questionário, os resultados foram comparados com o resultado respondido na Aula 1. Essa análise está apresentada no próximo capítulo, bem como a evolução dos conceitos apresentados nos mapas conceituais da Aula 12 em relação à Aula 1.

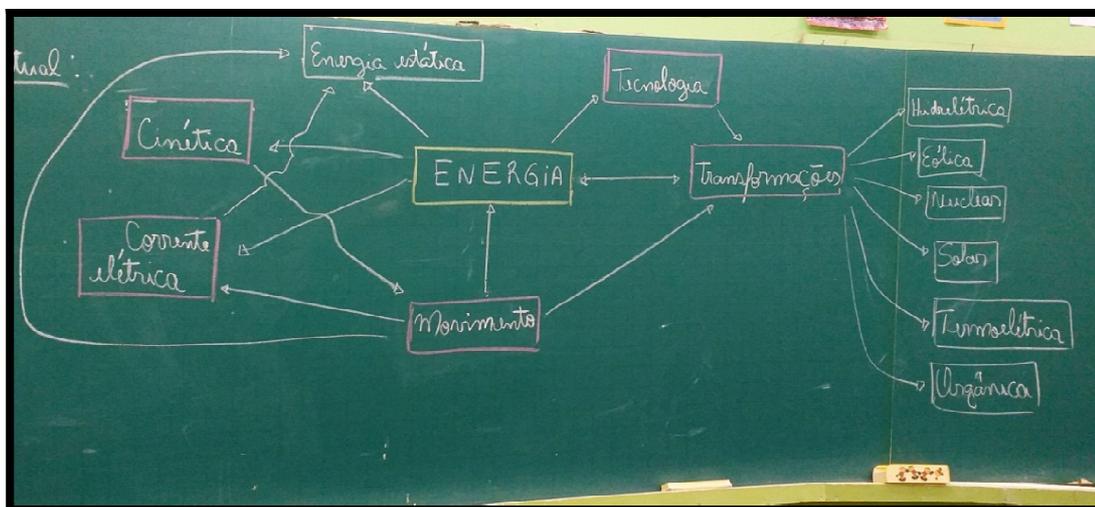
## 4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados (retorno dos alunos) e a análise da aplicação do produto educacional, centralizada nos mapas conceituais, inicial e final nas questões (do questionário inicial e final), e impressões do docente em relação à reação dos alunos.

### 4.1 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

Como descrito na metodologia, no início da aplicação do PE propusemos aos alunos a elaboração de um mapa conceitual com a sugestão de uma única palavra: “Energia”. O objetivo dessa atividade foi verificar os possíveis subsunçores que os alunos já possuíam. Na Figura 4.1 podemos observar no primeiro momento como foi o resultado dessa atividade.

**Figura 4.1**– Imagem fotográfica do quadro do primeiro mapa conceitual realizado com a turma, na lousa e reproduzido digitalmente.



Fonte: o autor, 2019.

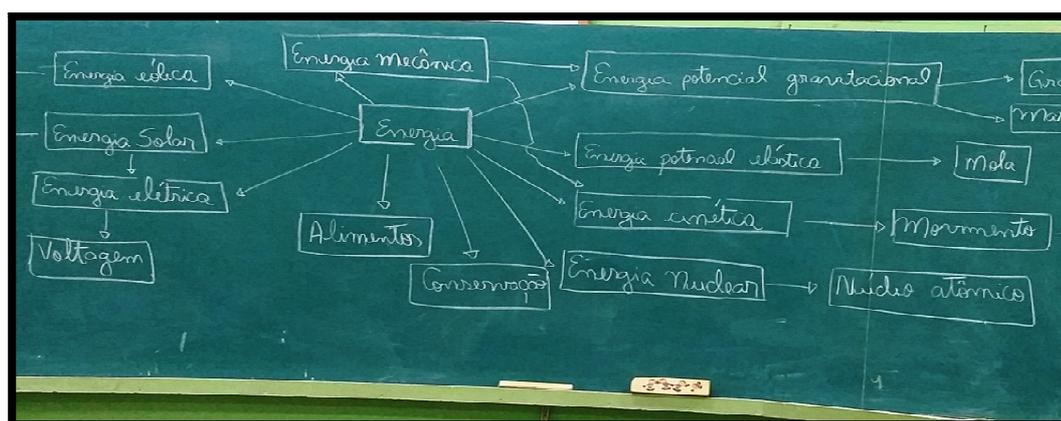
Esse mapa conceitual foi realizado pelos alunos da turma 3<sup>o</sup>IA do Colégio Estadual Branca da Mota Fernandes no dia 7 de outubro de 2019. Pela análise do mapa conceitual inicial elaborado por essa turma, percebe-se que eles compreendem que a energia pode ser transformada, provavelmente eles se lembraram das usinas que “produzem” energia elétrica, seja pela queda d’água,

pelos ventos ou pelas reações nucleares. Eles relacionaram o conceito de energia com o movimento e com a tecnologia, e também citaram o termo, cinética, provavelmente estavam querendo mencionar a energia cinética e, por fim, citaram o termo “energia estática”, provavelmente estavam relacionando-o com a eletricidade estática.

No geral, foi um mapa conceitual simples, com alguns termos confusos, mas o mapa por eles citado estava dentro do esperado, levando em consideração que essa foi a primeira vez que estudaram a fundo o tema Energia.

Depois disso, seguimos a sequência didática proposta na metodologia do PE e, ao término da mesma, realizamos novamente o mapa conceitual, com a mesma turma, como pode ser observado na Figura 4.2:

**Figura 4.2**– Imagem fotográfica do quadro do segundo mapa conceitual elaborado em aula.



Fonte: o autor, 2019.

O método utilizado para elaborar o segundo mapa foi o mesmo do inicial. Percebe-se que esse mapa conceitual é mais completo, ou seja, possui mais termos relacionados como conceitos de energia. Algumas palavras novas apareceram e outras palavras deixaram de existir nesse novo mapa.

No processo de aprendizagem significativa (MOREIRA 2016, e SOUSA, 2018), os conceitos subsunçores são desenvolvidos, elaborados e diferenciados a partir de interações sucessivas, e assim se introduz um conceito mais geral e abrangente e posteriormente cada vez mais diferenciado em suas peculiaridades. Esse processo leva a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor (Figura 1.1). Na imagem da Figura 4.2 os conceitos, *cinética* e *movimento*, foram

desenvolvidos para *Energia cinética, movimento, velocidade* e *m/s*. A inclusão do termo energia deixa o conceito mais abrangente e geral. A inclusão de *m/s* e *velocidade* para a energia cinética mostram o caráter procedimental do conceito.

Não é suficiente apenas diferenciar passo a passo, mas também examinar explicitamente as relações entre declarações e conceitos, para chamar a atenção para diferenças e semelhanças importantes e para reconciliar inconsistências reais e óbvias, integrar significados e fazer superordenações. Esse processo é denominado de reconciliação integrativa (Figura 1.1) (MOREIRA 2016, e SOUSA, 2018). O aparecimento dos termos *energia mecânica* e *conservação* no segundo mapa conceitual mostra as semelhanças e diferenças entre os termos, *energia cinética* e *energia potencial*, integra estes significados e faz uma superordenação.

Ambos os processos, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa ocorrem em conjunto (MOREIRA 2016), visando dar uma nova posição hierárquica a um conceito já existente ou construir um novo conceito, como visto nos mapas conceituais.

O desaparecimento dos termos: termonuclear, transformações e tecnologia, no segundo mapa conceitual se devem ao fato dos mesmos não serem explicitamente trabalhados no produto educacional.

Isso é uma indicação de que, após as aulas da sequência proposta, os alunos conseguiram aprimorar seus conhecimentos acerca do tema estudado. Esse resultado é importante, pois fortalece o nosso embasamento de que, a partir de aulas diversificadas e fundamentadas, os alunos são capazes de compreender o tema estudado e os conceitos propostos em sala de aula.

## **4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS ALUNOS**

Como descrito na metodologia, uma das partes desse trabalho foi à aplicação de um questionário antes de ministrar as aulas sobre o tema proposto (energia) e um ao final destas. Primeiro, na Tabela 1, podemos observar os resultados alcançados pelas turmas do 1º e do 3º ano antes das aulas ministradas pelo professor. É notável que a princípio, houve erros já esperados, devido à falta de conhecimento sobre o assunto.

Era esperado que os alunos do 3ºIA se saíssem melhor nas respostas, já que, por estarem dois anos a frente do 1ºA, provavelmente poderiam ter maior contato

com o tema, o que não foi observado (57,2% e 57,1% de acertos), como mostrado na Tabela 4.1 e no gráfico da Figura 4.3.

**Tabela 4.1** – Resultado da análise do questionário inicial aplicado nas turmas 1ªA e 3ªIA.

Turma	Questionário	Questão que mais erraram	Total de alunos participantes	Quantidade total de questões	Número de questões corretas	Número de questões erradas	Porcentagem de acertos	Porcentagem de erros
1ªA	Inicial	7	30	330	189	141	57,2%	42,8%
3ªIA	Inicial	7	21	231	132	99	57,1%	42,9%

Fonte: o autor, 2020.

Ao fim das aulas o questionário foi novamente aplicado, e pôde ser constatado que, em ambas as turmas houve um aumento no número de acertos na maioria das questões. Isso pode ser observado na Tabela 4.2 e também no gráfico da Figura 4.3. Os alunos do 3º ano (72% de acertos) se saíram melhor que os alunos do 1º (64% de acertos), pela maturidade dos alunos mais velhos do 3º ano e também pelo maior interesse pela proximidade dos concursos de vestibular:

**Tabela 4.2** – Resultado da análise do questionário final aplicado na turma 1ªA e 3ªIA.

Turma	Questionário	Questão que mais erraram	Total de alunos participantes	Quantidade total de questões	Número de questões corretas	Número de questões erradas	Porcentagem de acertos	Porcentagem de erros
1ªA	Final	7	29	319	204	115	64%	36%
3ªIA	Final	7	18	198	144	54	72,7%	27,2%

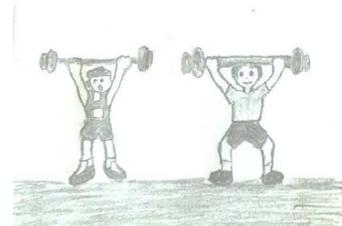
Fonte: o autor, 2020.

A questão 7 versa sobre energia potencial (Quadro 4.1), e foi a questão que mais erraram. A comparação entre os trabalhos dois indivíduos diferentes levam ao mesmo resultado de energia. Parece que os alunos foram influenciados pelo porte dos indivíduos e que o trabalho/força depende dos indivíduos. Isto mostra que os alunos têm dificuldades no conceito de energia potencial.

**Quadro 4.1** – Apresenta-se a Questão 7, que a maioria errou em ambos os questionários.

7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que:

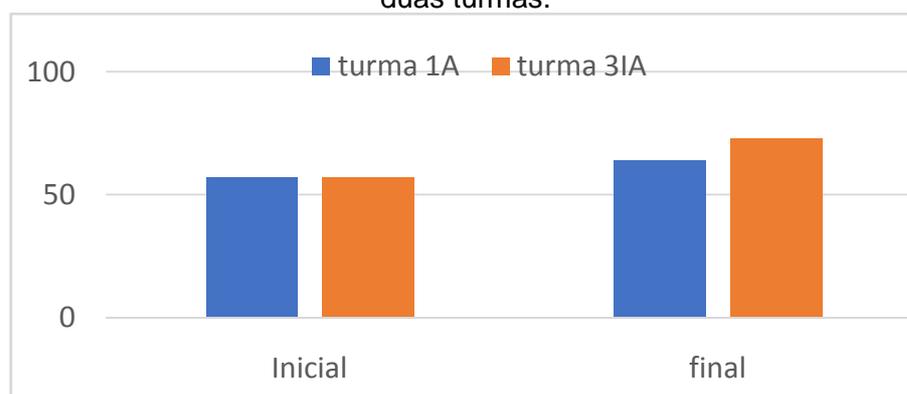
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a energia gasta pelo adulto;
- d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.



Fonte: o autor, 2019.

Na Figura 4.3 podemos observar este o aumento de acertos por parte dos alunos das duas turmas.

**Figura 4.3** – Resultado da análise de acertos inicial e final dos questionários aplicados nas duas turmas.



Fonte: o autor, 2020.

Isso denota que, a partir de aulas bem trabalhadas e dinâmicas, é possível fazer com que os educandos absorvam melhor o conteúdo trabalhado, uma vez que estes realizaram o mesmo questionário sem prévio aviso. Sobre isso, Becker (1992) diz que:

Não resta dúvida que os recursos didáticos desempenham grande importância na aprendizagem. Para esse processo, o professor deve apostar e acreditar na capacidade do aluno de construir seu próprio conhecimento, incentivando-o e criando situações que o leve a refletir e a estabelecer relação entre diversos contextos do dia a dia, produzindo assim, novos conhecimentos, conscientizando ainda o aluno, de que o conhecimento não é dado como algo terminado e acabado, mas sim que ele está continuamente em construção através das interações dos indivíduos com o meio físico e social. (BECKER, 1992 apud SILVA et al. 2012, p. 2).

A questão 12 tem afirmações de verdadeiro ou falso e permite uma boa análise. Os resultados mostrados na Tabela 4.3 mostra que houve variação para mais no número de acertos antes e depois das aulas sobre o tema.

**Tabela 4.3** – Resultado da análise da questão 12 de verdadeiro ou falso.

Questão 12 (Verdadeiro ou falso)	Porcentagem de acertos 1ºA - Inicial	Porcentagem de acertos 1ºA - Final	Porcentagem de acertos 3ºIA - Inicial	Porcentagem de acertos 3ºIA - Final
1. A energia é encontrada apenas em seres vivos.	93%	93%	85%	100%
2. A energia é uma força.	16%	26%	19%	33%
3. A energia pode ser armazenada.	96%	96%	85%	90%
4. A energia é o produto de alguma atividade.	73%	76%	95%	95%
5. A energia faz com que as coisas aconteçam.	90%	96%	90%	72%
6. A energia pode ser criada.	30%	33%	57%	72%
7. A energia pode ser transformada.	83%	86%	76%	83%
8. A energia está associada apenas ao movimento.	93%	93%	80%	94%
9. Uma pedra, parada, no topo de uma montanha...	46%	66%	52%	55%
10. A energia nuclear é um tipo de energia.	93%	90%	85%	94%

Fonte: o autor, 2020.

Para compreender melhor os resultados, fizemos uma análise individual de cada assertiva, como descrito a seguir:

#### **4.2.1 A energia é encontrada apenas em seres vivos**

Essa questão relaciona a Física com a Biologia ao abordar a energia presente nos seres vivos. Mesmo a energia sendo encontrada nos seres vivos, ela não é encontrada apenas neles, mas também em corpos não vivos, como estrelas, automóveis, átomos, entre outros.

Nessa opção, a grande maioria dos estudantes assinalou corretamente, marcando falso. Não houve variação na porcentagem de acertos na turma 1ºA, considerando o questionário inicial e o questionário final. Porém, na turma 3ºIA

houve um aumento de 15% nos acertos, atingindo 100% de acerto nessa questão. Foi um aumento discreto, mas ao que parece, ficou mais claro para os alunos do 3ºIA que a energia é encontrada em diversas situações e não apenas nos seres vivos.

Esse foi um resultado no questionário final, de certa forma, não esperado, considerando que a energia presente nos seres vivos foi abordada somente na primeira aula e de maneira superficial.

#### **4.2.2 A energia é uma força**

Essa questão mostrou algo interessante: a grande maioria dos alunos considera que a energia é uma força. Energia e força são conceitos físicos que possuem algumas relações entre si, mas a energia não é força.

Para os alunos parecem não terem ficado claras as definições de força (explicadas no mês de junho de 2019) e de energia, mesmo após a energia ter sido definida na primeira aula da sequência didática. Esse resultado não era esperado. Esperava-se que eles obtivessem uma compreensão melhor do conceito de energia, mas pelos dados da tabela, o aumento no número de acertos dessa opção não foi o desejado. Uma nova forma de desacoplar a força da energia tem que ser pensada.

#### **4.2.3 A energia pode ser armazenada**

Essa questão tem relação direta com as experiências que foram realizadas com o uso dos *smartphones*. A energia pode, sim, ser armazenada, e a energia potencial gravitacional de um corpo é um exemplo desse armazenamento.

No geral, a maioria dos alunos já compreendia que a energia pode ser armazenada, pois pelos dados da tabela, o número de acertos dessa questão esteve sempre próximo de 90%, sendo que na aplicação final do questionário, 96% dos estudantes, do 3ºIA, acertaram essa questão, enquanto que no 1ºA esse número atingiu 90% de acertos. Esses números, de alguma forma, eram esperados.

Acredita-se que os alunos podem ter relacionado está situação com a energia elétrica que chega das hidroelétricas, em que essa energia é armazenada pela energia potencial da água.

#### **4.2.4 A energia é o produto de alguma atividade**

Essa questão afirma que, ao ser realizada uma determinada atividade, pode-se obter, como produto dessa atividade, algum tipo de energia. De fato, isso ocorre, por exemplo, para obter energia elétrica; uma atividade tem que ser realizada, pode-se aproveitar o movimento de queda d'água sobre uma turbina, fazendo essa turbina girar e armazenar energia elétrica num gerador. De modo geral, essa questão também foi bem compreendida pela maioria dos estudantes, pois a maioria deles acertou essa questão.

#### **4.2.5 A energia faz com que as coisas aconteçam**

Primeiro, é bom lembrar que não existe uma única e exata definição para o conceito de energia, esse conceito é abstrato e possui definições aproximadas. A energia pode ser o produto de alguma atividade, mas ela também faz com que eventos aconteçam, por exemplo: para elevar um copo cheio de água até a boca é necessário gastar certa quantidade de energia, para fazer um automóvel se mover também é necessária alguma energia, para um asteroide se chocar contra a Lua é necessária uma quantidade de energia potencial e energia cinética, entre outros exemplos.

Na turma 1<sup>o</sup>A, a grande maioria dos alunos percebeu que essa questão é verdadeira, marcando-a como correta, porém algo bem curioso (e de difícil justificativa) ocorreu no 3<sup>o</sup>IA. Visto que, inicialmente, 90% dos alunos marcaram como correta essa opção. Porém, após a aplicação do conteúdo do PE, os números de acertos caíram para 72% foi somente nessa questão que esse curioso fato aconteceu. Não há uma justificativa exata para isso neste trabalho, mas algumas hipóteses podem ser levantadas: talvez isso tenha ocorrido por mera desatenção dos alunos; talvez eles não tenham compreendido muito bem o conceito de energia potencial, em que temos uma situação estática, apresentado durante a sequência didática e isso os deixaram confusos (problema com energia potencial já tinha sido detectado na questão 7) ou ainda; eles acertaram no questionário inicial porque tiveram sorte, e não por que já compreendiam esse fenômeno.

Essa questão afirma algo que não ocorre na natureza: a criação da energia. Pelo princípio de Lavoisier<sup>8</sup>, '*nada se cria e nada se perde, tudo se transforma*', isso também é válido para a energia, ela pode somente ser transformada de uma forma a outra como, por exemplo: energia potencial gravitacional pode ser transformada, parcialmente ou totalmente, em energia cinética.

Verifica-se que os alunos, do 3ºIA, compreenderam melhor esse fenômeno do que os alunos do 1ºA. Na primeira turma, a maioria dos estudantes - 72% deles - acertou essa questão após as aulas da sequência didática, enquanto que no 1ºA apenas 33% dos estudantes a acertaram. Essa significativa diferença de porcentagem é algo de difícil explicação, pois esse fato aconteceu somente nessa questão, e as duas turmas eram, de forma geral, compostas de alunos com bom rendimento nas aulas de Física. Talvez isso tenha acontecido porque os alunos do 3º IA já tenham assistido a mais aulas de outras ciências, como por exemplo, a Química e a Biologia, em anos anteriores, enquanto os alunos do 1ºA começaram a ter aulas de Ciências Naturais apenas em 2019.

#### **4.2.6 A energia pode ser transformada**

De fato, a energia pode ser transformada de uma forma a outra, algo que já foi previamente discutido na questão anterior a essa. Percebe-se que a maioria significativa dos estudantes - algo em torno de 80% deles - acertou, ou seja, a maioria deles compreende que a energia pode ser transformada. No geral, isso já era esperado, mas um fato curioso é que, se compararmos essa questão com a questão anterior, verifica-se no 1ºA, em que a maioria dos estudantes acredita que a energia pode ser criada, também houve grande acerto nessa, em que questionamos se a energia pode ser transformada, então se supõe que a maioria dos estudantes dessa turma acredita que a energia pode ser transformada, e que também pode ser criada, então para os alunos essas duas palavras seriam sinônimas.

#### **4.2.7 A energia está associada apenas ao movimento**

---

<sup>8</sup> Enunciada em torno de 1775 por Antoine Laurent Lavoisier para massas, também conhecida como Lei a conservação das massas.

A energia cinética está associada ao movimento dos corpos, mas a energia não se associa apenas com o movimento, mas também com várias outras grandezas físicas, dentre as quais podemos citar a massa, a altura em relação ao solo, ao trabalho realizado, entre outras. Pelos dados da Tabela 4.3, verifica-se que a grande maioria dos alunos compreendeu bem essa questão e marcaram como falsa. Isso também já era algo esperado.

#### **4.2.8 Uma pedra parada no topo de uma montanha não possui energia armazenada**

Essa questão também possui relação com as experiências que foram realizadas com o uso dos *smartphones*. Ela aborda um exemplo de como a energia potencial gravitacional pode ser armazenada. Considerando que a montanha possui uma altura significativa, uma pedra (ou qualquer outro objeto) em repouso no topo dessa montanha terá energia potencial gravitacional armazenada, se essa pedra se desprender do topo, ela vai, em teoria, converter essa energia armazenada em energia cinética até atingir o solo.

O número de acertos dessa questão foi pouco maior do que 50% dos estudantes. Esperava-se um número maior, principalmente após os experimentos realizados que estavam propostos neste PE. Problemas com o conceito de energia potencial já foram detectados anteriormente na questão 7.

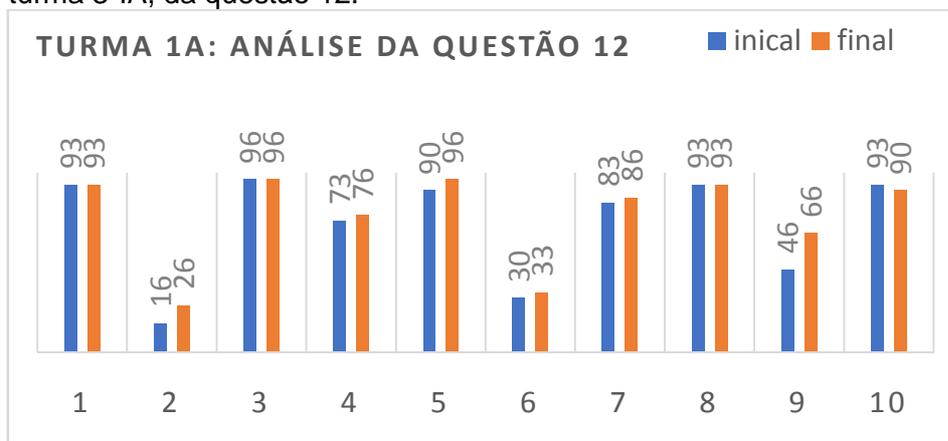
#### **4.2.9 O decaimento radioativo fornece um tipo de energia**

Sim, a energia nuclear também é um tipo de energia, proveniente do decaimento radioativo e utilizada nas usinas nucleares. Nessa questão a grande maioria - mais de 90% - dos alunos marcou corretamente como verdadeiro. Isso também já era esperado.

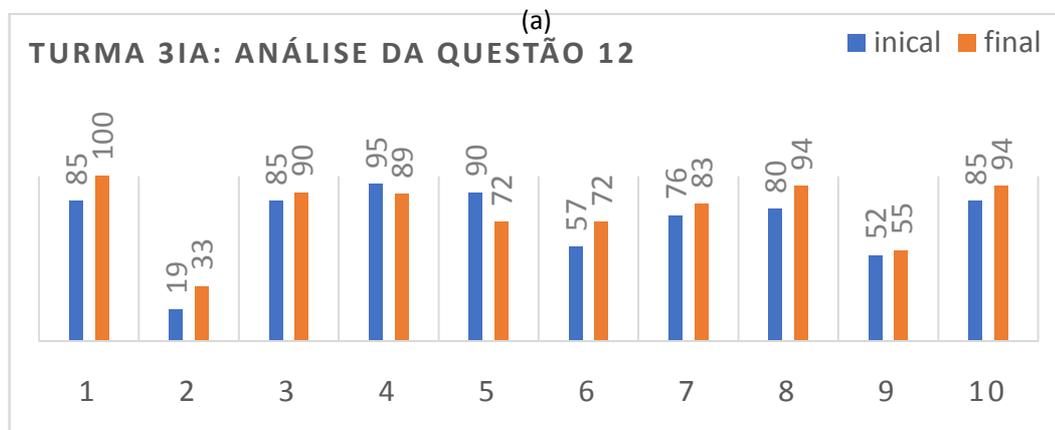
Como dito anteriormente, os resultados obtidos eram os esperados uma vez que, após as aulas, a maioria dos alunos alcançou maior número de acertos em comparação com o questionário inicial.

Resumindo todos os resultados, as Figuras 4.4 (a) e (b) estão apresentadas as análises, em porcentagem, dos acertos iniciais e finais das duas turmas. É possível observar esse aumento de acertos após a aplicação do PE.

**Figura 4.4** – Resultado em % da análise percentual de acertos iniciais e finais da: (a) turma 1º A e (b) turma 3ºIA, da questão 12.



(a)



(b)

Fonte: O autor, 2020.

Também, observa-se ainda nos gráficos das Figuras 4.4 (a) e (b), que as dificuldades iniciais e finais na questão 12, afirmações 3 e 9 sobre energia potencial, foram as mesmas nas duas turmas. Isto mostra que a energia potencial necessita de uma atenção melhor por parte dos professores.

Na próxima seção apresentam-se a análise prévia realizada nos livros didáticos de Biologia adotados na instituição de ensino onde o autor atua como docente, sobre o assunto proposto a ser trabalhado no PE.

### 4.3 BREVE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Foi realizada outra análise, além da apresentada no Quadro 1.1, em livros didáticos. Desta vez, buscou-se a definição do conceito de energia nos livros didáticos (de Biologia, Física e Química) utilizados pelo Colégio Estadual Branca da

Mota Fernandes e fazem parte da PNLD 2018, no ano de 2019. Os resultados obtidos foram os seguintes:

O livro *Biologia hoje*, dos autores Sérgio Linhares, Fernando Gewandszajder e Helena Pacca, há um subcapítulo sobre transformações da matéria e da energia na página 16. No início deste subcapítulo foi feita uma breve abordagem sobre energia química, seguida de uma definição de energia na forma de calor (usando a mesma definição encontrada no livro da Física); após isso, é possível encontrar uma relação entre energia e nutrição: “os alimentos fornecem a energia necessária para a realização de nossas atividades diárias” (LINHARES et al., 2016, p. 16).

Em seguida, o autor menciona as principais fontes de energia na alimentação humana, citando o açúcar (ou glicose), inclusive fala sobre a reação química entre a glicose e o gás oxigênio, que é a reação que é utilizada pela maioria dos seres vivos para obter energia e, por fim “a energia dessa reação é utilizada em todas as atividades do organismo: movimento, construção de grandes moléculas e a degradação de substâncias complexas” (LINHARES et al., 2016, p. 16). Um estudo mais detalhado, assim como uma discussão com os professores de biologia mais aprofundada é necessário.

Considerando essa análise, a escolha do tema deve-se a dois motivos:

- O primeiro é que o conceito de energia é um conceito interdisciplinar, dessa forma, o aluno poderá relacionar o que irá aprender na física com outras áreas do conhecimento, podemos citar: Química e Biologia.
- O segundo motivo é que a maioria das ferramentas possíveis de serem utilizadas no aplicativo *Phyphox*, que se relacionam com o currículo da física do primeiro ano do ensino médio, envolvem de forma direta ou indireta o conceito de energia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os problemas que atingem o Ensino de Física no Brasil, dentre eles a falta de motivação dos alunos e a falta de atividades experimentais, buscamos oferecer uma contribuição para os professores de física da atualidade, por meio de um Produto Educacional que consta de uma sequência didática, com aulas em que o professor é o mediador e o foco está nos alunos, cuja principal atividade está baseada em dois experimentos utilizando aplicativos de *smartphone*.

Os objetivos iniciais deste trabalho foram cumpridos, foi elaborado um texto sobre o conteúdo energia, uma abordagem considerando os conceitos que a ele se relacionam que são: trabalho, transferência de energia, princípio matemático, equivalência e a conservação da energia, além disso, apresentamos a definição desse conteúdo em alguns livros didáticos. A montagem de uma sequência didática e a descrição de experimentos com o uso de smartphones também fazem parte dos objetivos cumpridos.

O produto educacional proposto foi aplicado em duas turmas de ensino médio e os resultados foram satisfatórios, pois por meio da aplicação do questionário foi possível constatar um maior aprendizado (e conseqüentemente uma maior porcentagem de acertos de questões por parte dos alunos), além disso, verificamos que eles se sentiram motivados por algumas atividades do PE, que são: os debates, os vídeos e as atividades experimentais realizadas com o auxílio do *smartphone*. Verificou-se que a motivação deles foi maior nas atividades experimentais, acreditamos que isso se deve ao fato de eles mesmos foram capazes de realizar os experimentos, utilizando uma tecnologia que eles têm um bom domínio. Diante desses argumentos, acreditamos que houve uma aprendizagem significativa em sala de aula.

Portanto, o uso do *smartphone* na sala de aula foi um grande diferencial. Os estudantes, de modo geral, demonstraram seu interesse em utilizar esse tipo de tecnologia em sala de aula, e demonstraram facilidade no uso dos aplicativos em *smartphone*. Além disso, eles conseguiram compreender de forma ágil e eficaz como utilizar o aplicativo *Phyphox* durante a atividade experimental. Outro ponto a destacar, é o fato de que há poucos experimentos que trata da dissipação de energia e da Lei de conservação de energia de forma quantitativa, a maioria envolve

somente a Lei de conservação de energia mecânica. Mas na natureza as forças dissipativas estão presentes, tornando essa proposta mais geral e perto da realidade.

É importante mencionar o fato de que o produto educacional não deve ser entendido como algo totalmente acabado, considerando a grande diversidade das escolas nacionais, acreditamos que cada professor poderá fazer alterações que julgar relevantes, para que ele possa ter um melhor aproveitamento em suas turmas.

Também é importante considerar que outros fatores podem interferir na aplicação desse trabalho, citarei apenas um: a indisciplina dos estudantes, pois esse problema faz com que o professor gaste boa parte da aula apenas para organizar sua turma, isso evidentemente poderá atrasar a aplicação do PE baseada na sequência didática (ou a aplicação de outra atividade qualquer). Daí surge a necessidade do professor reorganizar o tempo de cada atividade proposta na sequência didática.

Os resultados também mostraram problemas na aprendizagem do conceito de energia potencial. Sugerimos que os professores invistam alguns minutos de suas aulas explicando corretamente o que é energia potencial e onde ela pode ser encontrada em situações do nosso cotidiano.

Além disso, vale a pena falar um pouco sobre meu aprendizado durante a elaboração desse trabalho: consegui ter uma melhor compreensão sobre a conservação da energia, tanto na parte teórica, quanto na parte algébrica; verifiquei a importância de utilizar a tecnologia em sala de aula; compreendi melhor como elaborar e utilizar mapas conceituais em sala de aula; aprendi a utilizar o aplicativo phyphox em aulas de física, isso me permitirá utilizar esse aplicativo para fazer novas experiências em sala de aula futuramente.

Por fim, também é esperado que essa proposta possa servir de parâmetro ou motivação para que novos trabalhos sobre esse tema possam ser elaborados, aplicados e divulgados para que qualquer professor possa acessá-lo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. C. P.; NONENMACHER, S. **Energia**: um conceito presente nos livros didáticos de Física, Biologia e Química do ensino médio. *Poiésis - Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação*, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2010.

ANDERSON, R.C; **AUSUBEL**, D. A. Cognitive structure view of word concept meaning. **Readings in the psychology of cognition**.New York: Holt, Rinehart and Winston. 1965.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas**: estrutura e elaboração. Belém: SBEM / SBEM-PA, 2017.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. O ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL: PROBLEMAS E DESAFIOS. **Educere XII Congresso Nacional de Educação**. PUC-Pr, 2015.

COLUCCI, C. C.; NEVES, M. C. D.; MURA, J.; MELO, M. A. C., **Física Geral I**. EDUEM, Maringá, v.1, 2009.

DULLIUS, M. M. et al. **Professores de Matemática e o Uso de Tecnologias**. UNIVATES. 2009. Disponível em: <http://ensino.univates.br/~chaet/Materiais>. Acesso em: 01 nov. 2020

**FEYNMAN**, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M., **Lições de Física**. Tradução da Equipe do IFUSP sob supervisão de A. Fazzio. Bookman, Porto Alegre, 2008.

GALIAZZI, M. do C., et al., **Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio**: A Pesquisa Coletiva como modo de formação de professores de Ciências, *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.249-263, 2001, <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9 ed. v 1. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HECHT, E. An Historico-Critical Account of Potential Energy: Is PE Really Real? **The Physics Teacher** 41, p. 486-93, 2003.

HIERREZUELO, J. M.; MOLINA, E. G. Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. **Enseñaza de las Ciencias**, Barcelona, v. 8, n. 1, p. 23-30, 1990.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDE, F.; PACCA, H.. **Biologia hoje**. São Paulo. Editora Ática, 2016.

LINO, A. **O desenvolvimento histórico do conceito de Energia**: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física. 360 f, tese (Doutorado em ensino de ciências e matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MOREIRA, M. A.; BUOKWEITZ, B. **Mapas conceituais**. São Paulo. Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A. Energia, Entropia e Irreversibilidade. **Série Textos de apoio aos professores de Física**, n. 9, p. 1-38, 1998.

MOREIRA, M. A. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educación Científica, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2012.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**, 2a edição, Porto Alegre, 2016, 69 p. Disponível em: [moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf](http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf). Acesso em: 20 mai. 2020.

NOVAK, J.D. Clarify with concept maps. **The Science Teacher**, **58** (7):45-49. 1991.

NOVAK, J. D. Clarify with concept maps revisited. **Proceedings of the International Meeting on Meaningful Learning**. Burgos, Spain, p. 15-19. Set. 1997.

PRASS, A. R. **Teorias de Aprendizagem**, Porto Alegre: UFRGS, 2012, 57 p. Disponível em [www.fisica.net/monografias/Teorias\\_de\\_Aprendizagem.pdf](http://www.fisica.net/monografias/Teorias_de_Aprendizagem.pdf). Acesso em: 20 mai. 2020.

ROCHA, M. D. et al. (Des)Liga esse celular, moleque!: Smartphone como minilaboratório no ensino de Ciências. **Revista Monografias Ambientais – REMOA/UFMS**, ED. ESPECIAL IFMT - Licenciatura em Ciências da Natureza - v.14, p.41-52, 2015., Disponível em: [periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/20435/pdf](http://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/20435/pdf) Acesso em: 20 mai. 2020.

ROONEY, A. **A História da Física**, São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda. 2013.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. 30 ed. Campinas: Autores Associados. 1996.

SILVA, M. A. S. et al. Utilização de Recursos Didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma Escola Pública de Teresina no Piauí. *In*: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7, Palmas, 2012 **Anais do VII CONNEPI**.

SOLOMON, J. Teaching the conservation of energy. **Physics Education**, London, v. 20, n. 4, p. 165- 170, July 1985.

SOUSA, C. O.; SILVANO, A. M. da C.; LIMA, I. de P., **Teoria da aprendizagem significativa na prática docente**, Revista Espacios, Vol. 39 (Nº 23) p. 27. 2018.

YOUNG, T. **A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts**, Edição: KELLAND, M. A., v. 1. London: Taylor and Walton, 1845.

ZABALA, A., **A prática educativa: como ensinar**, trad. Ernani F. da F. Rosa, **ArtMed**, Porto Alegre, ISBN 85-7307-426-4, 1998.

## APÊNDICE A – Questionário

---

Questionário aplicado na aula antes e após a aplicação do PE.

### Questionário:

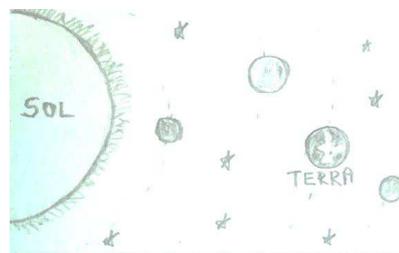
As questões<sup>9</sup> a seguir se referem ao conceito de energia na ciência, leia-as com atenção e marque apenas uma alternativa em cada questão (exceto a questão 12, em que você deve marcar verdadeiro ou falso).

1- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) A energia pode ser transformada;
- b) A energia pode ser destruída;
- c) A energia pode ser criada;
- d) A energia pode ser criada e destruída.

2- Das alternativas abaixo, marque aquela onde é possível encontrar alguma forma de energia:

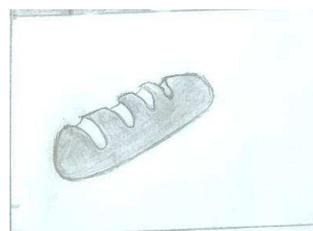
- a) Apenas no planeta Terra;
- b) Apenas no planeta Terra e no Sol;
- c) Apenas no sistema solar;
- d) Em todo universo.



3- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) Todo tipo de energia é palpável;
- b) Todo tipo de energia é visível;
- c) Todo tipo de energia pode ser ouvido;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.

4- Uma pessoa comeu um pão no café da manhã, sabendo disso, marque a opção correta:



---

<sup>9</sup> Todas as figuras deste apêndice foram elaboradas pelo autor desse trabalho no ano de 2019.

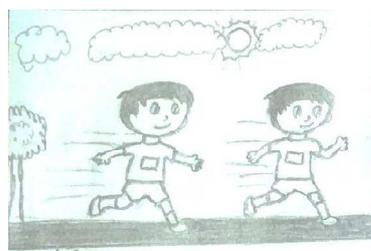
- a) O alimento não forneceu energia para a pessoa;
- b) O alimento forneceu energia para a pessoa;
- c) Se fossem três pães, a pessoa obteria energia;
- d) Nada podemos concluir.

5- Dos conceitos a seguir, apenas um não possui relação direta com o termo energia, identifique-o e marque-o<sup>10</sup>:

- a) Velocidade;
- b) Núcleo atômico;
- c) Vácuo;
- d) Calor.

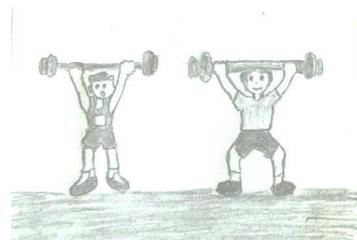
6- Duas crianças gêmeas correm numa rua, em boas condições, com velocidades diferentes, então:

- a) A criança com menor velocidade terá maior energia cinética;
- b) A criança com maior velocidade terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nada podemos concluir



7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que:

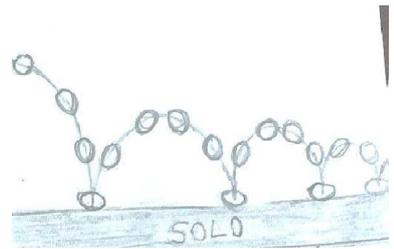
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a energia gasta pelo adulto;
- d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.



<sup>10</sup> Como este questionário é indicado para alunos do ensino médio, estamos desconsiderando a energia do vácuo / efeito Casimir ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito\\_Casimir](https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Casimir)).

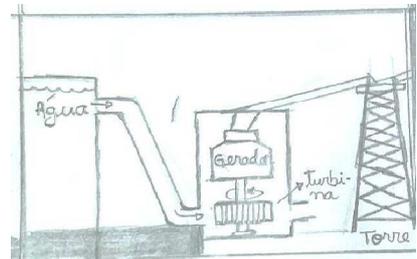
8- Uma pessoa adulta deixa uma bolinha de borracha cair em direção ao solo, verificou-se que a bolinha quicou algumas vezes até ficar parada sobre o solo, então podemos afirmar que:

- a) A bolinha quicou porque ela é leve;
- b) A bolinha quicou por que tinha energia armazenada;
- c) A bolinha quicou por que recebeu energia do solo;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.



9- Qual das seguintes transformações de energia é a que ocorre numa usina hidrelétrica:

- a) Energia química em energia elétrica;
- b) Energia potencial gravitacional em energia elétrica;
- c) Energia elétrica em energia elétrica;
- d) Energia nuclear em energia elétrica



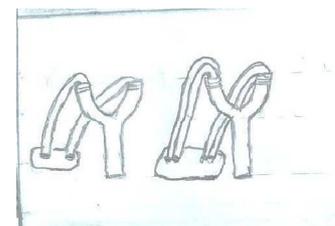
10- Duas crianças, sendo que uma possui o dobro da massa da outra, correm numa rua em boas condições, com velocidades iguais, então:

- a) A criança com maior massa terá maior energia cinética;
- b) A criança com menor massa terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nenhuma das alternativas anteriores estão corretas.



11- Uma criança possui dois estilingues. Sendo que um possui apenas duas mangueiras elásticas (Figura ao lado, o da esquerda) e outro que possui quatro mangueiras elásticas (Figura ao lado, o da direita), considere que todas as mangueiras possuem o mesmo comprimento e de mesmo material, e marque o que for correto:

- a) Ambos os estilingues possuem mesma energia para disparar uma pedra.



- b) O estilingue da direita possui mais energia para disparar uma pedra.
- c) O estilingue da esquerda possui mais energia para disparar uma pedra.
- d) Eles não são capazes de disparar nenhum objeto.

12- Marque V para verdadeiro e F para falso:

- ( ) A energia é encontrada apenas em seres vivos.
- ( ) A energia é uma força.
- ( ) A energia pode ser armazenada.
- ( ) A energia é o produto de alguma atividade.
- ( ) A energia faz com que as coisas aconteçam.
- ( ) A energia pode ser criada.
- ( ) A energia pode ser transformada.
- ( ) A energia está associada apenas ao movimento.
- ( ) Uma pedra, parada, no topo de uma montanha não possui energia armazenada.
- ( ) A energia nuclear é um tipo de energia.

## APÊNDICE B—PRODUTO EDUCACIONAL

---

O Apêndice B apresenta o PE (Produto Educacional), de forma independente desta dissertação de mestrado. Isso se deve a facilitar o seu uso, bem como, atender as normas do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF).



## **PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico**

# **APLICATIVOS EM SMARTPHONES: O DESPERTAR CIENTÍFICO NO ESTUDO DE ENERGIA**

João Paulo Malacrida

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.

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

Maringá - PR  
Abril, 2021

# Sumário

Apresentação.....	90
Justificativa.....	91
Objetivo Geral.....	91
Público Alvo.....	91
Papel do professor.....	91
Avaliação.....	91
Sequência Didática.....	92
Aula 1.....	93
Aula 2.....	93
Aula 3.....	96
Aula 4.....	98
Aula 5.....	99
Aula 6.....	101
Aula 7.....	103
Aula 8.....	106
Aula 9 e 10.....	110
Aula 11.....	113
Aula 12.....	118
Considerações Finais.....	120
Referência Bibliográfica.....	122
Apêndice I - QUESTIONÁRIO.....	123
Apêndice II- APLICATIVOS PARA SMARTPHONE.....	127
II.1 – Aplicativo <i>Phyphox</i> .....	127
II.2 – Aplicativo <i>VideoShow</i> .....	130
Apêndice III - Respostas das atividades propostas.....	131
III.1 – Respostas do Questionário Avaliativo – Apêndice I.....	131
III.2 – Respostas questões – Aula 4 .....	132
III.3 – Resposta questão – Aula 5.....	133
III.4 – Respostas questões – Aula 6 .....	133
III.5 – Exemplo de Mapa conceitual .....	134
III 6 - Resultados dos Experimentos 1 e 2.....	135
III.6.1 – Experimento 1 – Dissipação de energia: bolinha quicando.....	135
III.6.2 – Experimento 2 – Plano inclinado com dissipação de energia.....	136
IV – Como o Smartphone mede a aceleração? .....	138

## APRESENTAÇÃO

---

Esta sequência didática é indicada, principalmente, para professores de Física do Ensino Médio ou do Ensino Fundamental. O tema central é: as formas e a conservação da energia por meio de atividades experimentais e aplicativos de *Smartphone* (Apêndice II e IV).

Em resumo, ela está distribuída em doze aulas com duração de 50 minutos cada aula. Evidentemente esse número de aulas pode aumentar ou diminuir dependendo de alguns fatores, como por exemplo: as facilidades ou dificuldades da turma em relação ao tema ou em relação à própria física, o número de aulas que o professor possui e o bom andamento das atividades experimentais.

Inicialmente, procuramos descobrir os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema energia (questionário – Apêndice I) (MOREIRA, 2004). Em seguida, é apresentada uma proposta para definir o tema energia e suas formas possíveis, seguido de outras propostas para definir: a energia cinética, a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica (HALLIDAY et al., 2012; COLUCCI et al., 2009; FEYNMAN et al., 2008; HEWITT, 2002 e NUSSENZVEIG, 2002). Além de explorar a lei de conservação de energia de forma geral, quando há presença de forças dissipativas, e não somente a lei de conservação de energia mecânica, como a maioria dos textos. Para isso, procurou-se utilizar sugestões de materiais variados, como por exemplo: Textos de apoio ao professor, questões, imagens e vídeos.

Por fim, o tema conservação da energia pode ser definido, para isso, além dos materiais citados anteriormente, é sugerido o uso de uma experiência juntamente com aplicativos de *Smartphone* para os alunos compreenderem melhor o referido tema. Após isso, é apresentada uma possibilidade de avaliação do conhecimento adquirido pelos alunos (GOMES et al., 2019).

Este PE foi aplicado pelo autor no ano de 2019 e em sua maioria está com a mesma redação em sua dissertação (MALACRIDA, 2021).

### **Justificativa**

O ensino de física atual desperta pouco interesse e motivação nos estudantes, isso ocorre muito em função da metodologia adotada nas aulas. Acreditamos que metodologias diferenciadas, que envolvam não só quadro negro e

giz, mas que utilizem corretamente recursos tecnológicos, como exemplo: imagens, vídeos, experiências e o uso de aplicativos de *Smartphone*, podem contribuir para melhorar esse cenário e aumentar o interesse dos alunos pela física.

### **Objetivo Geral**

Apresentar uma Sequência Didática para professores de Física sobre os temas: energia cinética, energia potencial elástica, energia potencial gravitacional, e a conservação da energia em sistemas com presença de forças dissipativas, envolvendo o uso de aplicativos em *Smartphone*.

### **Público Alvo**

Professores e Alunos de Física do Ensino Médio e do Ensino Fundamental.

### **Papel do professor**

Ensinar os conceitos aos alunos. Mas, para isso, o professor deverá estimular a curiosidade e o interesse dos alunos, através de perguntas dirigidas para eles e através de atividades experimentais que envolvem o uso de aplicativos de *Smartphone*. Com isso os alunos estarão aprendendo de uma forma mais motivadora.

### **Avaliação**

Como sugestão de avaliação apresentamos um questionário, que pode ser utilizado na primeira e na última aula dessa proposta. Mas também apresentamos algumas questões que podem ser utilizadas para fins avaliativos, cabe ao professor decidir qual melhor opção é a melhor para as suas aulas. E, a elaboração de mapas conceituais. Além da avaliação qualitativa, observando a impressão e reação dos alunos a cada aula ministrada.

## Sequência Didática

---

No Quadro 1, temos um resumo do plano sequencial usado em sala de aula e que é indicado para alunos do ensino médio sobre o tema Energia, distinguidos por momentos, atividades (realizadas) e tempo (tempo utilizado). Nos momentos foram relacionados os termos da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012 e 2016; GOMES, BATISTA, FUSINATO, 2019) mas vale a pena ressaltar que os processos da teoria da aprendizagem não são estanques e se intercalam.

**Quadro 1** - Resumo de sequência didática (Zabala, 1998) aplicada em sala de aula. Cada aula possui 50 minutos.

Momentos	Atividades	Tempo
1) Verificar o conhecimento prévio dos alunos (descoberta dos subsunçores)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicação de questionário sobre energia;</li><li>• montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro.</li></ul>	1 aula
2) energia e suas formas (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre o tema energia e suas formas.</li></ul>	1 aula
3) energia cinética (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia cinética.</li></ul>	2 aulas
4) energia potencial gravitacional (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia potencial gravitacional.</li></ul>	2 aulas
5) energia potencial elástica (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aula expositiva sobre o tema energia potencial elástica</li></ul>	1 aula

6) conservação da energia (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre a conservação da energia.</li> </ul>	1 aula
7) Compreender a conservação da energia usando aplicativos de <i>Smartphone</i> (diferenciação Progressiva e reconciliação integrativa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de experiências, com o auxílio de aplicativos de <i>smartphone</i>, sobre os conteúdos estudados.</li> </ul>	3 aulas
8) Verificar o aprendizado dos alunos (aprendizagem significativa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de questionário sobre energia;</li> <li>• Montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro.</li> </ul>	1 aula

Fonte: o autor, 2019.

As aulas seguem uma lógica embasada em um pensamento de sanar as dúvidas apresentadas pelos alunos, já na primeira aula.

- **AULA 1**

**Objetivo:** Verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

**Recursos Instrucionais:** Questionário, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**O que se espera:** Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema energia.

**Papel do professor:** Aplicar corretamente os questionários e elaborar um mapa conceitual (Moreira, 1992) no quadro sobre o que os alunos sabem sobre o tema energia.

**Encaminhamento:** O primeiro momento dessa aula consiste na aplicação do questionário pelo professor. O professor deverá entregar uma cópia do questionário para cada aluno. É sugerido no máximo quinze minutos de tempo para os alunos responderem-no. Essa atividade deverá ser respondida sem consultar os materiais escolares. O questionário sugerido é apresentado no Apêndice I (respostas no Apêndice III).

- **AULA 2**

**Objetivo:** Abordar o tema de Energia e suas formas possíveis.

**Recursos Instrucionais:** Texto para uso do professor, equipamento para apresentação de vídeo, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Espera-se que os alunos entendam o conceito de energia e quais seus principais tipos.

**Papel do professor:** Ajudar a promover um bom debate entre os alunos e definir os temas indicados.

### **Encaminhamento: Parte 1**

O primeiro momento dessa aula é dedicado a fazer perguntas aos alunos para que respondam em voz alta:

- a) Uma lâmpada acesa tem energia? E uma locomotiva em movimento? E uma bola de futebol quicando no solo?
- b) Como podemos definir energia na ciência?
- c) Que tipo de energia vocês conhecem?
- d) Um vento de 10 km/h tem energia?

Logo após o debate sobre as respostas dadas pelos alunos, pode-se iniciar uma abordagem teórica, de forma expositiva, sobre o tema Energia e sua relevância. O texto a seguir é uma sugestão para o professor.

### **Energia e suas possíveis formas**

O termo Energia incorporou-se, em caráter definitivo, no cotidiano das pessoas. Este é o reconhecimento de que o consumo de energia determina, e muito, o padrão de vida dos habitantes da Terra. Ter energia, sob as mais diversas formas, à disposição é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico e social de um país.

Energia é a capacidade de realizar tarefas (os físicos preferem dizer realizar trabalho). Por tarefas entendemos atividades das mais diversas naturezas, como bater uma estaca no solo (para dotar um futuro prédio de bases sólidas), acender

uma lâmpada (Figura 1(a)), acionar as turbinas (ou reator) de um submarino nuclear, movimentar uma locomotiva (Figura 1(b)), ou aquecer a água dentro de uma panela.

**Figura 1** - Imagem de uma (a) A lâmpada, e (b) uma locomotiva, para indicar que ambas estão utilizando energia para realizar trabalho.



(a)



(b)

**Fontes:** (a) [blogdaliga.com.br/wp-content/uploads/2017/06/capa.jpg](http://blogdaliga.com.br/wp-content/uploads/2017/06/capa.jpg);  
(b) [https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/16/09/36/full-steam-2317356\\_960\\_720.jpg](https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/16/09/36/full-steam-2317356_960_720.jpg)

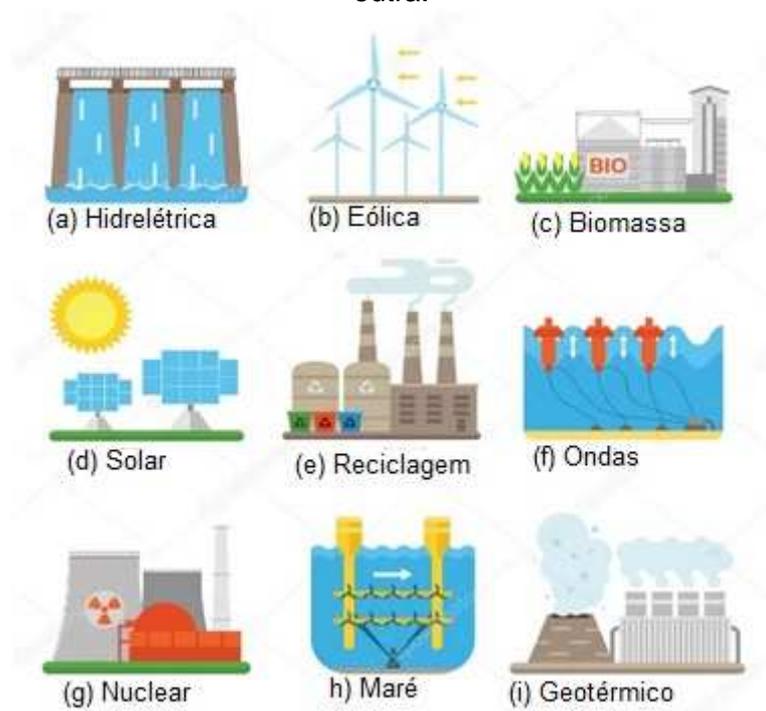
Energia é, portanto, a mola propulsora do desenvolvimento, do progresso. Por isso, a relevância de programas de geração e conservação de energia. A busca por fontes alternativas de energia será perene.

*A capacidade de realizar tarefas origina-se dos mais distintos processos físicos. Existem, pois, formas distintas de geração (ou armazenamento) de energia. A cada forma de energia associamos um nome para lembrar sua origem. Por exemplo, na detonação de uma bomba atômica existe a liberação (produção) de uma enorme quantidade de energia. Essa forma de energia se origina de processos que ocorrem no núcleo dos átomos (divisão de núcleos). Por isso, essa forma de energia recebe o nome de energia nuclear.*

As diversas formas estão ilustradas nas imagens apresentadas na Figura 2. Se a energia gerada tem origem no aproveitamento dos ventos, ela recebe o nome de energia eólica. Se a energia gerada se origina do aproveitamento de energia armazenada pela presença de campos elétricos (e magnéticos), temos a energia elétrica (ou magnética). O calor também é uma forma de energia (energia térmica).

Uma sugestão é utilizar a Figura 2, como um resumo dos tipos de usinas utilizadas para a sua transformação em outro tipo de energia. Trabalhando assim o processo de transformação de energia, e os alunos visualizarem a sua aplicação e a importância de cada uma.

**Figura 2** – Imagens de tipos de usinas utilizadas para converter energia de uma forma a outra.



Fonte: [st2.depositphotos.com/3687485/10818/v/950/depositphotos\\_108189116-stock-illustration-energy-sources-vector-illustration.jpg](https://st2.depositphotos.com/3687485/10818/v/950/depositphotos_108189116-stock-illustration-energy-sources-vector-illustration.jpg)

**Referência:** Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia e sua relevância. Disponível em: <[efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/intr](http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/intr)>. Acesso em: 12 ago. 2019.

Logo após as explicações sobre o tema, o vídeo a seguir pode ser apresentado aos alunos:

Vídeo 1: Gastaldi, Y. Produção de energia/formas - <https://www.youtube.com/watch?v=83SlmJj5bXw>

- **AULA 3**

**Objetivo:** Definir o conceito de energia cinética

**Recursos Instrucionais:** Texto de apoio, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos participem da aula e compreendam o que é energia cinética e qual sua relação matemática.

**Papel do professor:** O professor deve ajudar a promover um bom debate entre os alunos e explicar com clareza o conteúdo.

### **Encaminhamento da atividade**

Primeiramente o professor faz a seguinte pergunta aos alunos:

"Quem terá mais energia: Patrick, de massa igual a 50 Kg, correndo a uma velocidade de 4 m/s ou João, de massa igual a 100 Kg, correndo a uma velocidade de 2 m/s?"

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia cinética, sugerimos o seguinte texto de apoio:

### **Energia cinética**

Existe uma forma de energia que está associada inteiramente ao movimento, isto é, está associada ao estado de movimento (à velocidade, mais precisamente). Tal energia é denominada **Energia Cinética** (cinético, em grego, significa movimento).

Para uma partícula de massa  $m$  e velocidade  $v$ , a sua energia cinética é dada pela expressão:

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

Unidade de energia no sistema internacional de unidades é o Joule (J).

*Note-se que, quanto maior for à velocidade e/ou a massa de um objeto, tanto maior será a sua energia cinética.*

Esta expressão acima está de acordo com a nossa experiência cotidiana. **Sabemos que um carro em movimento pode realizar tarefas, algumas delas absolutamente desnecessárias, tais como derrubar postes, derrubar muros ou deformar laterais de outros carros. Uma jamanta, por outro lado, por ter uma massa maior do que um automóvel é capaz de fazer mais estragos do que este**

(até mesmo a uma velocidade menor). Assim, o estrago provocado em acidentes é tanto maior quanto maior a velocidade e/ou a massa do veículo.

**Referência:** Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia cinética. Disponível em: [efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/E\\_cinetica/](http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/E_cinetica/). Acesso em: 12 ago. 2019.

Após a explicação, o professor pode resolver a questão no quadro junto com os alunos. **Resposta:**  $E_{C_{Patrick}} = \frac{1}{2}(50)(4)^2 = 400 J$  e  $E_{C_{João}} = \frac{1}{2}(100)(2)^2 = 200 J$ . Logo Patrick tem uma energia maior do que João.

**Sugestão:** por meio desta mesma questão pode-se trabalhar o conceito de quantidade de movimento ( $\vec{q} = m\vec{v}$ ). Nesse sentido, ambos Patrick e João teriam a mesma quantidade de movimento, ou seja, considerando o movimento unidimensional,  $q_{Patrick} = (50)(4) = 200 Kg m/s$ , e  $q_{João} = (100)(2) = 200 Kg m/s$ .

- **AULA 4**

**Objetivo:** Compreender melhor a energia cinética

**Recursos Instrucionais:** Lista de exercícios, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos possam compreender melhor o tema em questão.

**Papel do professor:** O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

### **Encaminhamento da atividade**

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com dois ou três alunos cada grupo, e após isso entregar a lista de questões para cada aluno, 25 minutos são o suficiente para os grupos resolverem os exercícios com o auxílio do professor. Em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa as questões das quais os alunos tiveram maior dificuldade para compreender.

## Questões<sup>11</sup>:

1. Marque a alternativa incorreta: (Explique sua escolha)
  - a) Um carro de fórmula 1, parado, não possui energia cinética.
  - b) Uma pessoa correndo com velocidade constante possui energia cinética.
  - c) A energia cinética não depende da massa do corpo.
  - d) Todo corpo em movimento, possui energia cinética.
2. Um objeto parado possui energia cinética? Explique sua resposta.
3. Uma criança de massa  $40\text{ Kg}$  viaja no carro dos pais, sentada no banco de trás e presa pelo cinto de segurança. Num determinado momento, o carro atinge a velocidade de  $20\text{ m/s}$ . Qual será o valor da energia cinética dessa criança em relação a um observador em repouso na beira da estrada?
4. Um objeto de massa  $0,600\text{ Kg}$  está em movimento e possui energia cinética de  $2.000\text{ J}$ . Determine a velocidade desse objeto em  $\text{m/s}$ .
5. O que acontece com a energia cinética de um automóvel se a sua velocidade dobrar? (Explique sua escolha)
  - a) Ficará 2 vezes maior.
  - b) Ficará 4 vezes maior.
  - c) Ficará 2 vezes menor.
  - d) Ficará 4 vezes menor.
  - e) Permanecerá constante

### • AULA 5

**Objetivo:** Definir o conceito de energia potencial gravitacional

**Recursos Instrucionais:** Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos compreendam o que é energia potencial gravitacional.

**Papel do professor:** O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

### **Encaminhamento da atividade**

Primeiro o professor deverá fazer algumas perguntas aos alunos:

"Sabemos que um tiro dado para cima pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?"

---

<sup>11</sup> Respostas Apêndice III.

Posteriormente ao debate, o professor pode apresentar o seguinte vídeo, sobre montanha-russa: Vídeo 2: *The biggest roller coaster drop in the world!* (tradução do autor - A maior queda de montanha russa do mundo!) disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5aF7dgWvQ6Y>

Após a apresentação questionar à turma:

"Essa máquina tem energia para se mover? De onde vem essa energia?"

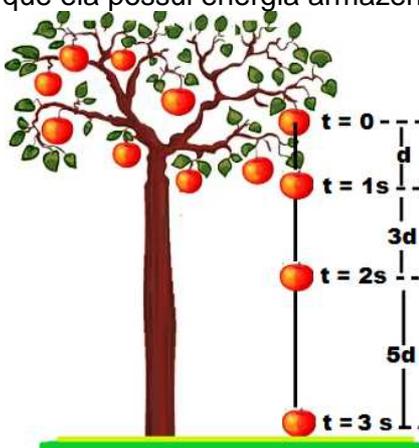
Em seguida, o professor pode definir o conceito de energia potencial gravitacional. O texto a seguir é uma sugestão.

### Energia potencial gravitacional

Todos os objetos que possuem massa atraem-se mutuamente. A intensidade da força de atração (gravitacional) varia de acordo com a massa dos objetos. Essa força diminui à medida que a distância entre os objetos aumenta. A força gravitacional é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A sugestão é utilizar a Figura 3 para trabalhar a questão do armazenamento de energia potencial quando a maçã ainda está fixa no galho, e o que ocorre com essa energia quando esta se solta do galho.

**Figura 3** – Imagem ilustrando sobre a questão de que se a queda de uma maçã se deve ao fato que ela possui energia armazenada.



Fonte: [fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/quedalivre/i\\_23a009fa8c7fc1e3\\_html\\_58456325.png](http://fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/quedalivre/i_23a009fa8c7fc1e3_html_58456325.png)

Um objeto próximo à superfície terrestre possui energia potencial gravitacional, que é a energia de interação entre a massa do objeto com a massa da Terra. Essa energia está armazenada no sistema Terra-objeto e vai reduzindo-se à medida que a distância Terra-objeto diminui.

**Para efeitos práticos, à medida que o objeto vai perdendo altura. Durante a descida, o objeto transforma essa energia potencial gravitacional em energia cinética, que é a energia de movimento. Sendo que, ao final do movimento de queda do objeto, a energia cinética presente é transformada em energia de deformação do objeto com o solo.**

**Ao longo da trajetória do objeto, há uma pequena perda de energia cinética devido ao atrito do objeto com o ar e, também, há deformação do objeto no choque com o solo, que produz outras formas de energia, como energia térmica e sonora. Mas essas perdas são tão pequenas que podem ser consideradas desprezíveis.**

A quantidade de energia potencial gravitacional ( $E_{pg}$ ) é diretamente proporcional ao produto entre a massa do objeto ( $m$ ), a aceleração da gravidade local ( $g$ ) e a altura do objeto em relação à superfície de contato ( $h$ ). Então podemos escrevê-la como:

$$E_{pg} = m g h, \quad (2)$$

unidade no SI: Joule ( $J$ ).

Referência: Bate e não volta- Disponível em:

[www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec30.htm](http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec30.htm). Acesso em: 12 ago. 2019.

- **AULA 6**

**Objetivo:** Compreender melhor a energia potencial gravitacional

**Recursos Instrucionais:** Lista de exercícios, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos possam compreender melhor o tema resolvendo as questões sugeridas.

**Papel do professor:** O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

## Encaminhamento da atividade

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com dois ou três alunos cada grupo e após isso entregar a lista de questões para cada aluno. 25 minutos são o suficiente para os grupos resolverem com o auxílio do professor, em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa as questões que os alunos tiveram maior dificuldade para compreender.

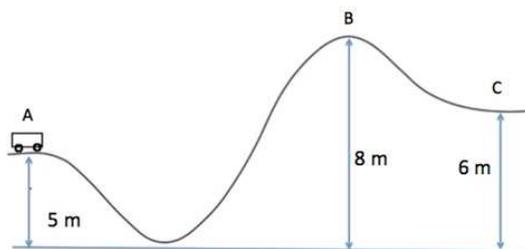
## Questões<sup>12</sup>

1- Um ciclista desce uma rua inclinada, com forte vento contrário ao seu movimento, com velocidade constante. Pode-se afirmar que:

- a) sua energia cinética está aumentando.
- b) sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
- c) sua energia cinética está diminuindo.
- d) sua energia potencial gravitacional é constante.
- e) Nenhuma das alternativas está correta.

2- Qual é o valor da energia potencial gravitacional associada a uma pedra de massa igual a 20 Kg quando esta se encontra no topo de um morro de 140 m de altura em relação ao solo?

3- Um carrinho de massa igual a 15 kg se movimentará pelo trilho a seguir. Considerando  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ . Marque o que for correto:



- (01) O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto A.
- (02) O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto B.
- (03) No ponto C, a energia potencial gravitacional armazenada no carrinho é igual a 800 Joules.
- (04) Entre os pontos A e B a energia potencial gravitacional do carrinho assume um valor mínimo.
- (05) Se a massa do carrinho fosse de 30 kg, a energia potencial gravitacional no ponto C seria triplicada.

Somatória das alternativas corretas:

4- Responda corretamente:

- (a) Uma maçã no topo de uma árvore possui energia armazenada? Explique.
- (b) É possível um objeto ter energia potencial gravitacional na superfície da Lua? Explique.

<sup>1212</sup> Resposta Apêndice III.

- (c) Um grão de poeira, de massa igual 0,0002 grama, situado na estratosfera possui energia potencial armazenada? Explique.

- **AULA 7**

**Objetivo:** Definir a energia potencial elástica

**Recursos Instrucionais:** Texto de apoio, quadro negro, giz e elásticos para demonstrações.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos possam compreender a energia potencial elástica através das experiências e explicações.

**Papel do professor:** O professor deverá realizar a experiência demonstrativa e explicar o tema.

### **Encaminhamento da atividade**

De início, sugerimos que o professor leve para a aula dois elásticos diferentes. (pode ser um elástico de dinheiro e um pedaço de mangueira de látex, utilizado emgarrote nos hospitais, ou como conhecido popularmente: mangueira de estilingue (atiradeira)). Os elásticos devem ter o mesmo comprimento inicial. Usando os elásticos, o professor poderá promover um debate com a turma da seguinte forma:

*Aplicar uma força com as mãos e deformar o elástico 1, medir a deformação com uma régua e anotar a deformação sofrida pelo elástico no quadro. O mesmo procedimento deverá ser feito com o elástico 2 (lembrando que a força aplicada pelas mãos sobre os elásticos deve ser aproximadamente a mesma).*

Após anotar as medidas de deformação dos elásticos, o professor poderá perguntar para a turma:

*"Percebemos que um elástico se deformou mais do que outro, aplicando aproximadamente a mesma força, qual deles possuirá mais energia armazenada?"*

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia potencial elástica, o texto a seguir é uma sugestão:

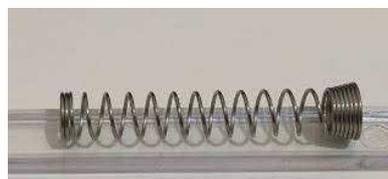
## Energia potencial elástica

Uma das formas que a energia pode assumir é a energia potencial elástica. Esta forma de energia está associada à energia necessária para deformar as ligações químicas entre os átomos que constituem um determinado material. Quando comprimimos um material, estamos aproximando os átomos constituintes. Quando esticamos, estamos afastando-os. A quantidade de deformação (compressão ou alongamento) suportável pelo material determina se ele é elástico ou não. Um material elástico geralmente não se rompe quando sujeito a quantidades razoáveis de deformação. Nos materiais elásticos, os átomos tendem a reocupar a sua posição normal, quando liberados da deformação. Como receberam energia para sair da posição normal, quando liberados da deformação devem devolvê-la de alguma forma. Na Figura 4, apresentam-se dois tipos de materiais que podem ser utilizados em aula.

**Figura 4** - Imagem ilustrando: (a) Elásticos de dinheiro e (b) uma mola, ambos são capazes de se deformar.



(a)



(b)

Fontes: (a) <[https://www.maisplastico.com.br/guia/produtos/10320/84039\\_e39da43602d99d963398ee53dfdd866d\\_d.jpg](https://www.maisplastico.com.br/guia/produtos/10320/84039_e39da43602d99d963398ee53dfdd866d_d.jpg)>, (b) <[https://http2.mlstatic.com/montblanc-164-classic-mola-original-p-canetas-esferografica-D\\_NQ\\_NP\\_821990-MLB30747261266\\_052019-F.webp](https://http2.mlstatic.com/montblanc-164-classic-mola-original-p-canetas-esferografica-D_NQ_NP_821990-MLB30747261266_052019-F.webp)>

Um bom exemplo é o estilingue (também conhecida como atiradeira). **Quando puxamos seu elástico com uma pedra encaixada, entregamos energia do nosso corpo ao elástico. Ao liberar o elástico, este praticamente devolve a energia que recebeu na forma de energia cinética da pedra, mais energia sonora (energia envolvida na criação e propagação do som). Se não colocarmos a pedra, ao soltar o elástico este entrega a maior parte da sua energia de volta para o corpo: a outra mão tem que absorver o “tranco”. Até a energia sonora é maior neste caso.**

A energia potencial elástica é diretamente proporcional à deformação sofrida pelo material. Assim, quanto mais deformado estiver o material, mais energia potencial elástica acumulada ele terá.

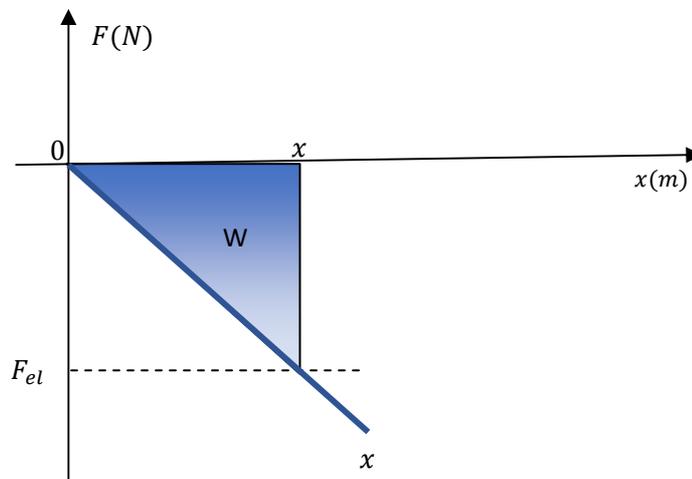
### Dedução da equação da energia potencial elástica

A lei de Hooke afirma que a força elástica surge em relação à compressão de corpos elásticos (NUSSENZVEIG, 2002):

$$F = -k \Delta x, \quad (3)$$

em que:  $k$  é constante elástica e  $\Delta x = x - x_i$  a deformação da mola que é oposta à compressão ou distensão por exemplo em uma mola. A Figura 5 apresenta um gráfico da Força versus a deformação  $x$ , para a posição inicial  $x_i = 0$ .

**Figura 5** - Gráfico da força elástica ( $F_{el}$ ) versus a deformação da mola ( $x$ ) para uma mola específica. O coeficiente angular fornece o valor da constante elástica  $k$ .



Fonte: o autor, 2019.

O trabalho realizado pela mola é dado pela área marcada e azul do gráfico  $F = F_{el}$  versus deformação  $x$ , no caso um triângulo retângulo:

$$W = \frac{bh}{2}. \quad (4)$$

No caso da Figura 5, a base:  $b = x$  e altura  $h = -F_{el}$ .

$$W = \frac{-F_{el} x}{2}$$

$$W_{0 \rightarrow x} = \frac{-(kx)x}{2} = -\frac{kx^2}{2}.$$

Portanto, o trabalho é igual a menos a variação da energia potencial, no caso a energia potencial elástica:

$$W = -\frac{kx^2}{2} = -E_{pel}, \quad (5)$$

logo:

$$E_{pel} = \frac{kx^2}{2}. \quad (6)$$

A Eq.(6) é conhecida como equação da energia potencial elástica. No caso em que  $x_i \neq 0$ , tem-se uma situação mais geral (Nistche, 2019):

$$W_{i \rightarrow f} = -\left(\frac{kx_f^2}{2} - \frac{kx_i^2}{2}\right) = -(E_{pel,f} - E_{pel,i}) = -\Delta E_{pel}. \quad (7)$$

Lembrando que uma mola ou elástico em paralelo, a constante elástica equivalente é dada por (Nistche, 2019)::

$$k_{eq.} = k_1 + k_2 + \dots \quad (8. a)$$

e, em série:

$$k_{eq.} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots \quad (8. b)$$

**Referência de base do experimento:** Experimento - Bate e Volta - Disponível em: [www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec29.htm](http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec29.htm). Acesso em: 12 ago. 2019.

- **AULA 8**

**Objetivo:** Definir a conservação da energia

**Recursos Instrucionais:** Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera:** Que os alunos compreendam a conservação da energia.

**Papel do professor:** O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

## Encaminhamento da atividade:

Primeiro o professor deverá fazer a seguinte pergunta aos alunos:

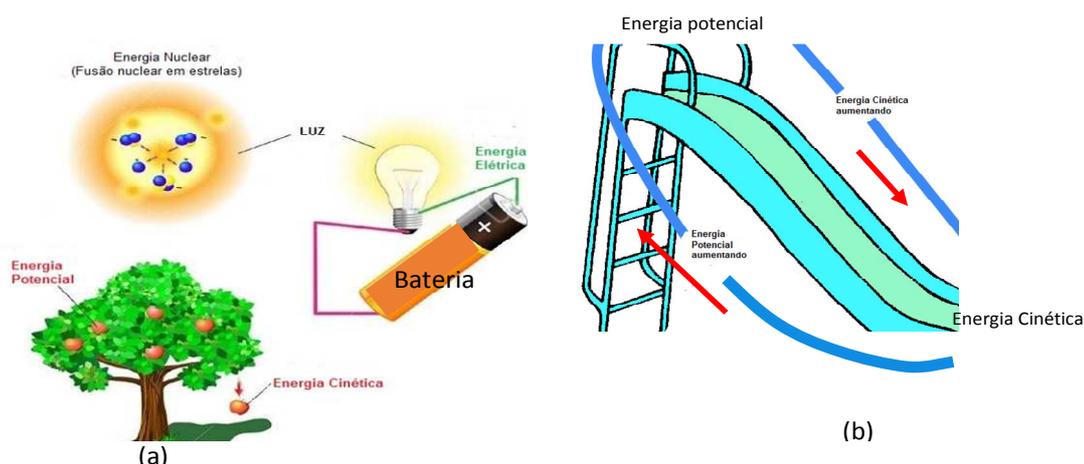
"Já estudamos algumas formas de energia, mas será que é **possível criar** energia cinética? E energia potencial gravitacional? Explique suas respostas."

Após o debate, o professor pode definir a conservação da energia, o texto a seguir é uma sugestão:

### Conservação da Energia

Uma propriedade fundamental do conceito de energia é que em todos os processos de transformação, dos mais simples aos mais complexos, há conservação da quantidade de energia total. O que significa isso? Sempre que, num processo, ocorre uma diminuição de energia de um determinado tipo, há um aumento da mesma quantidade de energia sob outras formas, de modo que a energia total permanece sempre constante. A transformação de uma energia em outra está ilustrada na Figura 6 (a): energia nuclear e energia elétrica em luz, energia potencial em cinética da maçã caindo do pé.

**Figura 6** - Exemplos de (a) situações onde há transformação de energia, e (b) a conservação da energia mecânica na ausência de forças dissipativas.



Fontes: (a) <https://cdn1.byjus.com/physics/wp-content/uploads/2016/08/ENERGY1.jpg>;

(b) Adaptado da figura disponível em: <http://semesters.in/wp-content/uploads/2017/01/Slide-picture-680x445.png>

ENUNCIADO Princípio da Conservação de Energia: "A **ENERGIA TOTAL DO UNIVERSO É CONSTANTE; NÃO PODE SER CRIADA NEM DESTRUÍDA.**"

O "Princípio da Conservação de Energia", como é chamado essa lei, foi formalmente enunciada pela primeira vez por volta de 1840. A partir daí, determina grande parte do conhecimento na Física, em todas as suas áreas de pesquisa e estudo. Até hoje não se conhece nenhum processo em que esse princípio tenha sido violado.

A energia pode transformar-se de energia cinética ( $E_c$ ) para potencial ( $E_p$ ), ou vice-versa, em processos mecânicos. Que é o caso da situação da Figura 6 (b). Caso as forças dissipativas sejam desprezíveis a energia mecânica se conserva ( $\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m_f} = E_{m_i} \rightarrow E_{p_f} + E_{c_f} = E_{p_i} + E_{c_i}$ ).

Outra situação é a energia de um corpo atirado para cima com velocidade  $\vec{v}$ , esta retorna à mesma posição com a mesma velocidade em sentido contrário, se desprezarmos a resistência do ar. Portanto, na ausência de forças dissipativas:

- a energia cinética inicialmente fornecida ao corpo é a mesma na posição final, mas durante este movimento, a energia se transforma: quando o corpo sobe, diminui sua velocidade, e conseqüentemente sua energia cinética, porém ganha altura, e energia potencial.
- Na altura máxima, possui somente energia potencial, que será máxima, pois a energia cinética será nula, porque a sua velocidade é nula (o corpo pára) e muda o sentido do movimento. No retorno, perde energia potencial, pois perde altura, mas adquire novamente energia cinética, chegando ao ponto de partida com a mesma velocidade inicial  $\vec{v}$ .

Na física é comum o termo energia mecânica ( $E_m$ ) para representar a soma de dois tipos de energia num dado sistema, a energia cinética ( $E_c$ ) e a energia potencial ( $E_p$ ). Então pelo **princípio da conservação de energia mecânica** (válida somente quando as forças dissipativas são nulas ou desprezíveis):

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$

$$E_{c_i} + E_{p_i} = E_{c_f} + E_{p_f}$$

$$\frac{m v_i^2}{2} + m g h_i = \frac{m v_f^2}{2} + m g h_f$$

Caso envolva situações em que se considerem movimentos de translação e rotação, as energias cinéticas iniciais e finais de rotação,  $E_{CR} = \frac{1}{2} I \omega^2$ , devem ser

consideradas. Lembrando que o momento de inércia  $I$  presente nessa equação, depende do local onde se situa o eixo de rotação e do formato do objeto que se movimentam.

No entanto **quando tiver a presença de forças dissipativas** essa lei de conservação **não é válida**. Mas, de forma geral a energia total sempre se conservará, e essa será dada pelas energias atuantes no sistema menos a energia dissipada. Em termos do trabalho realizado, sabendo que:

- Trabalho realizado pela força resultante é igual a variação da energia cinética:

$$W_T = \Delta E_c,$$

- Trabalho realizado por forças conservativas é igual a menos a variação da energia potencial:

$$W_{conserv} = -\Delta E_p$$

- Trabalho realizado por forças dissipativas é dado por:

$$W_T = W_{conserv} + W_{dissipativas}$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{dissipativas}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{dissipativas}$$

$$W_{dissipativas} = \Delta E_m$$

em que a  $W_{dissipativas} = -f_a d = -\Delta E_{dissipada}$ , sendo  $f_a$  a força de atrito e  $d$  o deslocamento realizado oposta a direção do movimento. Logo,

$$\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}. \quad (9)$$

Indicando a conservação da energia total do sistema.

**Fontes:** parte do texto foi extraída na íntegra da referência - Conservação de energia, disponível em: [www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Elizandra/conservacao.html](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Elizandra/conservacao.html). Acesso em: 12 ago. 2019. Halliday, Resnick, Walker, Fundamentos de Física - vol. 1 – Mecânica, cap. 08, editora LTC - RJ, 10ª edição, (2016).

Após a explicação do professor, sugerimos que o Vídeo 3 seja apresentado aos alunos, para que haja uma melhor compreensão do tema: **Vídeo 3 - Teaching with style; Mechanical Energy Conservation** (Tradução do autor: ensino com estilo; conservação de energia mecânica) disponível no site: <https://www.youtube.com/watch?v=mhIOylZMg6Q>

- **AULAS 9 e 10**

**Objetivo** - Compreender a conservação da energia total em dois sistemas dissipativos.

**Recursos Instrucionais** - Experiências, smartphone e texto de parâmetro.

**Duração** - 2 aulas de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos executem a experiência utilizando, juntamente, o aplicativo de smartphone.

**Papel do professor** - O professor deverá auxiliar os alunos na preparação e desenvolvimento do experimento das bolinhas e instruir os alunos quanto ao uso correto do aplicativo de *smartphone*.

### **Experimento 1 - Energia: experimentos com bolinhas<sup>13</sup>**

Além de utilizar o experimento com fins didáticos, no caso, auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos das energias: potencial, cinética, mecânica, dissipada e as leis de conservação de, energia mecânica e de energia total, e para avaliação em relação ao desenvolvimento de suas competências e habilidades, têm-se como

**objetivos específicos:**

- Obter os dados das alturas em relação ao tempo de movimento observado;
- Obter os dados da energia acumulada quando a bolinha atinge o solo com uma determinada velocidade;
- Relacionar as alturas com seus respectivos tempos e a energia acumulada com o conceito de dissipação de energia.

#### **Materiais Utilizados**

Os materiais utilizados, ilustrados na Figura 7, para esta experiência são:

- *Smartphones* com *Phyphox* instalado.
- *Smartphones* com *VideoShow* instalado (ou similar)
- 06 bolinhas de borracha pequenas (encontradas em máquinas automáticas de R\$ 1,00),

---

<sup>13</sup>No Apêndice III está apresentado o tipo de resultado experimental será obtido.

- 6 bolinhas de borracha médias (encontradas em lojas de brinquedos),
- 12 tiras de cartolina de 1,0 metro com marcações (que serão usadas como se fossem fitas métricas),
- 12 guias de instruções e um aparelho de *Smartphone* disponível em cada grupo (que possua o aplicativo *Phyphox* instalado).

**Figura 7** – Imagem fotográfica dos materiais utilizados para o Experimento 1.



Fonte: O autor, 2019.

### **Procedimento Experimental**

- 1- Definir qual dos alunos será responsável pelas filmagens, qual aluno soltará as bolinhas (e também esse fará as anotações) e qual aluno irá posicionar e segurar corretamente a fita métrica de papel;
- 2- Organizar os materiais experimentais corretamente, para isso cada grupo deverá ter em mãos: duas bolinhas de massas diferentes (chamaremos de bolinha 1 e bolinha 2); uma fita de papel para medições de altura (de 1,5 metro de comprimento); além de pelo menos dois aparelhos *smartphone* (sendo que pelo menos em um deles deverá ter o aplicativo *Phyphox* já instalado);
- 3- Em silêncio total, iniciar o aplicativo *Phyphox* em pelo menos um *smartphone* e deixá-lo parado sobre a superfície aonde a irá quicar, sendo que o aparelho *smartphone* deverá ficar próximo do local onde serão soltas as bolinhas. Selecionar a opção 'colisão (in)elástica' (não apertar *play* ainda);
- 4- Verificar se a superfície está totalmente nivelada, caso não esteja nivele com o auxílio de algum objeto. Uma forma de saber se a superfície está nivelada e liberando a bolinha sobre ela. Se deslocar para algum lado, nivele a superfície;
- 5- Posicionar corretamente a fita de medições, sendo que esta deverá ficar atrás da superfície (mas próximo à ela) para que as medidas sejam precisas;

6- O aluno que vai fazer as filmagens deve se posicionar corretamente com seu *smartphone* para que as filmagens fiquem nítidas;

7- Após tudo posicionado corretamente, verificar se a sala está em silêncio total, se estiver, apertar 'play' no aplicativo e soltar a bolinha 1 de uma altura inicial de 50 cm (0,5 m), enquanto o outro aluno filma o movimento de queda (Lembrete: o sucesso dessa experiência depende, também, do silêncio entre todos os alunos);

Após realizar a experiência inicial corretamente, anotar todos os valores possíveis numa folha de papel e tirar *print screen* da tela do *smartphone*. Deverão ser anotados: todas as alturas mostradas, os tempos mostrados e as quantidades de energia acumulada ( $E_{acum}$ ). A energia dissipada pode ser obtida subtraindo a energia total 100% da energia acumulada.

8- Caso a experiência inicial não funcione corretamente (algo que é muito comum de ocorrer) tentar novamente quantas vezes forem necessárias, até atingir valores coerentes para alturas, tempos e energia e obter uma boa filmagem;

9- Realizar a experiência 2: onde a bolinha 1 deverá ser solta, mas agora a uma altura de 80 cm, o método para essa experiência é o mesmo que foi descrito nos passos 7 e 8;

10- Após concluir a experiência 2 corretamente, realizar a experiência 3. Nesse caso, utilizar a bolinha 2, verificar se a sala está em silêncio total, soltar a bolinha 2 de uma altura de 0,50 m enquanto o outro aluno filma o movimento de queda. Anotar todos os valores de tempo, alturas e energias;

11- Após ter realizado a experiência 3 corretamente, realizar a experiência 4 (final) onde a bolinha 2 deverá ser solta a uma altura de 0,80 m o método para essa experiência é o mesmo que foi utilizado para a bolinha 2. Não se esquecer de anotar todos os valores;

12- Após todas as quatro experiências realizadas corretamente, verificar se os dados foram todos anotados para cada uma delas e se os vídeos dos movimentos de queda foram salvos corretamente.

Lembrando que essa experiência deve ser realizada num ambiente com pouco barulho, sugerimos a biblioteca, o pátio ou o laboratório de ciências da escola ou então o professor pode optar por deixar metade dos grupos na sala de aula e a outra metade em outro ambiente escolar.

Sugerimos que o professor avise aos alunos que **é essencial que os smartphones utilizados possuam capa protetora e película de tela**, com o objetivo de proteger os aparelhos.

Após entregar o guia de instruções aos alunos, ler em voz alta e explicar cada um dos passos, pedir para que formem grupos de três ou quatro alunos e iniciar as experiências.

Após todos os grupos concluírem as quatro experiências, o professor deve recolher as anotações, recolher os materiais, organizar corretamente a sala de aula e solicitar que os alunos enviem os vídeos da experiência por *e-mail*, isso fará parte da avaliação.

- **AULA 11**

**Objetivo** - Compreender a conservação da energia e a energia dissipada.

**Recursos Instrucionais** - Quadro negro e giz, experiência e *smartphone*.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos associem a experiência demonstrativa com a conservação da energia.

**Papel do professor** - O professor deverá montar o aparato experimental, realizar a experiência do plano inclinado e explicá-la aos alunos, associando-a a conservação da energia.

### **Experimento 2 – Energia: plano Inclinado**

Neste experimento que também trata dos mesmos conceitos referentes ao experimento 1 (um corpo em queda livre), é avaliado em outro sistema, cuja configuração o corpo estará em contato com a superfície tendo atrito entre elas, e a forma de tratamento será diferente do Experimento 1.

Os objetivos neste caso foram:

- Obter experimentalmente os valores da aceleração gravitacional durante o movimento de deslizamento do *smartphone* no plano inclinado por meio de um

aplicativo<sup>14</sup>;

- Aprender a extrair a informação desejada de um gráfico (forma da resposta dada pelo aplicativo);
- Calcular as diversas formas de energia utilizando os dados obtidos.

### **Materiais Utilizados**

- Canaleta elétrica ou eletro calha de cerca de 2 metros de comprimento e largura mínima de 0,60 *cm* (metálica ou de PVC).s
- *Smartphone* com *Phyphox* instalado e com função acelerômetro.
- Esponja ou pedaço de espuma sintética.

### **Procedimento Experimental**

Inicialmente, o professor deverá montar o aparato experimental, conforme mostra a Figura 8. Para isso, sugerimos o uso de uma canaleta de ferro para fios de eletricidade, embora outros materiais também possam ser utilizados para a base do plano inclinado. Esse material deverá ter pelo menos 1,0 metro de comprimento, deve oferecer pouco atrito ao *smartphone* e deverá acomodar o aparelho no seu eixo central, a fim de que ele possa deslizar com certa facilidade.

No caso do presente trabalho, a canaleta possui 1,90 *m* de comprimento, 0,80 *m* de largura e 0,60 *cm* de altura, sendo que em uma de suas extremidades foi fixada uma esponja de lavar automóveis, utilizou-se barbante para fixá-la. O objetivo dessa esponja é amortecer o *smartphoneno* final de seu movimento de deslizamento e, para deixar a canaleta inclinada, pode-se utilizar algum degrau na parede da sala de aula, caso isso não seja possível, pode-se utilizar um pedaço de madeira como suporte.

---

<sup>14</sup> A título de completudeza no Apêndice IV apresenta-se um texto de como o *smartphone* mede a aceleração gravitacional.

**Figura 8** – Imagem da montagem do aparato experimental para o experimento do plano inclinado com auxílio do *Phyphox*.



Fonte: o autor, 2019.

Quanto ao *smartphone* utilizado nessa experiência, ele deverá conter capa protetora e película de tela, deverá ter o aplicativo *Phyphox* instalado e ter sua massa aferida antes da realização dessa experiência, por esses motivos, o *smartphone* do professor é o mais recomendado para a sua realização. No Apêndice II estão algumas informações sobre os aplicativos: *Phyphox* e *VideoShow*.

Após a montagem correta do aparato experimental, o professor deverá explicar o objetivo dessa experiência aos alunos, explicando também os materiais utilizados e como será realizado o cálculo da energia dissipada durante o movimento de descida do *smartphone*. Para isso, sugerimos que o professor desenhe uma representação esquemática da montagem experimental no quadro (juntamente com suas medidas adequadas), escreva numa parte do quadro a equação da energia potencial gravitacional, seguida da equação da energia cinética, da equação da aceleração média e da equação que relaciona a energia mecânica com a energia dissipada.

Em seguida, o professor pode convidar um ou dois alunos para irem até a frente da sala de aula e participarem ajudando na experiência. Um aluno deverá ficar com o *smartphone* em mãos, iniciar o aplicativo *Phyphox*, selecionar o experimento 'Aceleração com  $g$ ' e colocar o *smartphone* no topo do plano inclinado<sup>15</sup>, apertar o botão 'play' e soltar o *smartphone* para que ele realize seu movimento de deslizamento sobre a canaleta (plano inclinado).

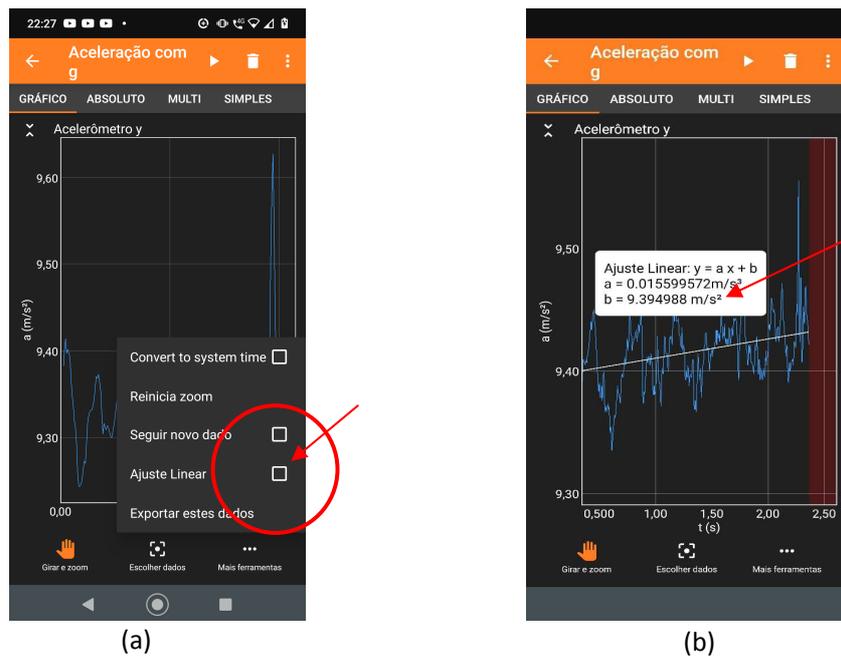
---

<sup>15</sup>É importante o professor deixar claro para os alunos que o *smartphone* tem que ser solto do topo da canaleta e não empurrado com a mão. Caso o professor prefira, ele pode realizar mais de uma medida e calcular a média aritmética simples e utilizar o valor médio nas equações.

Após isso, outro aluno poderá retirar o *smartphone* da base do plano inclinado, apertar o botão 'pause' e verificar se os gráficos ficaram nítidos (nessa etapa o professor também deverá auxiliar na análise), o objetivo dessa análise é justamente extrair o valor da aceleração no gráfico 'acelerômetro y' (caso haja algum erro de procedimento, o procedimento experimental deve ser repetido). Depois de encontrado o valor da aceleração do *smartphone* em  $m/s^2$  na direção y – pegue o valor do pico mais alto.

Se clicar sobre o segundo gráfico, ele aparecerá ampliado. Em 'mais ferramentas' (indicado por ...), no final da tela do lado direito, e selecione ajuste linear. O dado da aceleração gravitacional será dado pelo valor do coeficiente linear (indicado pela seta em vermelho na Figura 9 (b)) da equação da reta fornecida.

**Figura 9** - Imagem da tela do Phyphox: (a) mostrando o comando de ajuste linear e (b) o valor de  $g$  (coeficiente linear da reta).



Fonte: o autor, 2020.

O professor deverá efetuar os cálculos no quadro, com o objetivo de encontrar a energia dissipada durante o movimento do *smartphone*.

Para isso, primeiro utilizar a equação da aceleração escalar média  $a$  e obter o valor da velocidade final do *smartphone*  $v_f$  (como o *smartphone* partiu do repouso, adotar  $v_0 = 0 m/s$ ).

$$v_f^2 = v_0^2 + 2a \Delta S \xrightarrow{v_0=0} v_f = \sqrt{2a \Delta S}$$

em que:  $\Delta S$  é o comprimento da trajetória feita pelo *smartphone* dentro da calha em metros (Figura 10).

Com o valor da velocidade é possível encontrar o valor da energia cinética  $E_{cinética}$  do aparelho no ponto mais baixo da trajetória antes de colidir com o solo:

$$E_{cinética} = (1/2) mv_f^2.$$

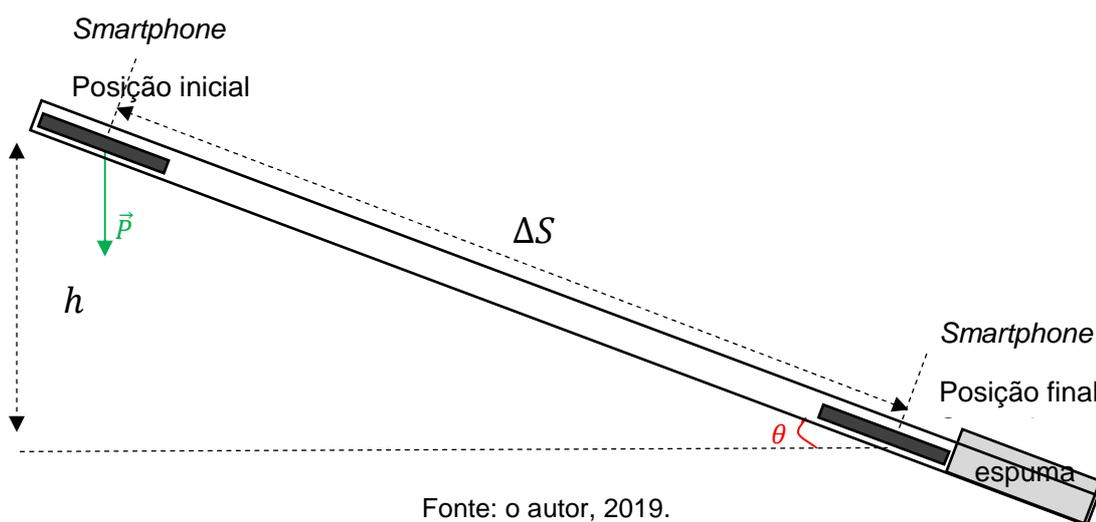
Sendo  $m$  é a massa do aparelho em quilogramas. A massa do *smartphone* pode ser determinada por meio de uma balança, ou mesmo obtida na *internet*, sabendo-se a marca e o modelo.

Encontrar o valor da energia potencial gravitacional  $E_{potencial}$  do *smartphone* quando ele estava na parte mais alta da trajetória, onde  $v_0 = 0 \text{ m/s}$ .

$$E_{potencial} = mgh$$

$h$  é a altura desde do local de liberação até a parte mais baixa da trajetória em metros e  $g$  a aceleração gravitacional (Figura 10).

**Figura 10** - Desenho esquemático da montagem do Experimento 2.



Usando os valores da energia cinética e da energia potencial gravitacional é possível utilizar o princípio da conservação da energia ( $\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}$ ) e

encontrar a energia dissipada ( $E_{dissipada}$ ) desse movimento, fazendo:  $E_{dissipada} = E_{potencial} - E_{cinética}$ .

Após realizado os cálculos, o professor explica o conceito de energia dissipada, explica também que nessa experiência boa parte da quantidade de energia potencial contida inicialmente no *smartphone* foi dissipada principalmente pelo atrito entre o aparelho e a canaleta.

**SUGESTÃO** - Por meio desta mesma montagem experimental, pode ser usado para determinar o ângulo necessário para vencer a força de atrito estática  $f_a$  entre o celular e a canaleta. Para isso, posicione o celular sobre a canaleta que devem estar na horizontal. Selecionar no *Phyphox* em ferramentas a opção inclinação e clique para ativar. Vai-se aumentando a inclinação da canaleta, até um pouco antes do celular começar a movimentar-se. Determina-se este ângulo  $\theta$  entre a canaleta e a horizontal. A partir da 2ª Lei de Newton  $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_{est.}} = ma = 0$  pode-se descobrir a força de atrito estático  $f_{a_{est.}}$ . E, de aplicando a segunda lei de Newton no sentido perpendicular ao plano, em que o celular terá as forças em equilíbrio, fornecerá que:  $\sum F = N - P_y = 0 \Rightarrow N = P_y = mg \text{ cos}\theta$ . Sabendo que  $f_{a_{est.}} = \mu_{est.}N$ , substituindo os resultados anteriores, obtém-se o coeficiente de atrito estático entre o celular e o plano:  $mg \text{ sen}\theta = \mu_{est.}mg \text{ cos}\theta$ , ou melhor:  $\mu_{est.} = \text{tg}\theta$ .

**Observação** - Caso não tivesse o aplicativo para obter o valor da aceleração da equação (2.8), teria-se que utilizar a equação obtida a partir da 2ª Lei de Newton  $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_c} = ma$  no sentido do movimento do celular obtém-se que  $a = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c N}{m} = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c mg \text{ cos}\theta}{m} = g(\text{sen}\theta - \mu_c \text{cos}\theta)$ . Logo seria necessário conhecer ou determinar o valor do coeficiente de atrito cinético ( $\mu_c$ ) entre o material da capa do celular e da canaleta de alumínio.

## **AULA 12**

**Objetivo** - Avaliar o aprendizado dos alunos

**Recursos Instrucionais** - Questionário impresso, quadro negro e giz.

**Duração** - 1 aula de 50 minutos.

**O que se espera** - Que os alunos realizem as atividades de forma correta demonstrando o que aprenderam sobre o tema Energia.

**Papel do professor** - O professor deverá avaliar os alunos, entregando-lhes o questionário e escrevendo o mapa conceitual no quadro.

### **Encaminhamento da atividade**

No primeiro momento o professor deverá entregar um questionário para cada aluno. O questionário utilizado será igual ao questionário adotado (e disponível) na Aula 1 desta sequência didática. Esse questionário deverá ser feito individualmente e sem consulta de materiais, o tempo médio para respondê-lo deve ser em torno de 15 minutos. Após esse tempo, o professor deverá recolher os questionários.

O segundo momento consiste na elaboração de outro mapa conceitual no quadro, essa atividade proposta é igual àquela que foi proposta na Aula 1 desse material, o mapa conceitual será construído por meio das palavras que os alunos irão dizer sobre o tema energia, o objetivo é comparar os dois mapas conceituais e verificar o que eles aprenderam.

É sugerido que o professor escreva a palavra 'Energia' bem no centro do quadro negro, após isso, explicar aos alunos como será feita a atividade. Essa atividade deve durar entre dez e quinze minutos. Também é sugerido que os alunos e o professor registrem o mapa conceitual que será construído numa folha de papel.

No Apêndice III apresentam-se as respostas dos questionários e exemplo do que se pode obter nos experimentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O presente trabalho buscou, inicialmente, por meio questionário e análise de mapa conceitual, elaborado pelos próprios alunos, compreender o que os mesmos já sabem sobre o assunto Energia. Colaborando assim, om o Ensino de Física no estudo dos temas energia cinética, energia potencial elástica, energia potencial gravitacional e a conservação da energia.

O objetivo é analisar de que forma esses alunos elaboram e dissertam sobre o assunto, bem como correlacionar as respostas dadas pelos mesmos com o conhecimento que temos sobre o assunto e as ideias básicas do conteúdo.

A aplicação da sequência didática e suas formas possíveis, é um instrumento de construção de novos saberes pelos educandos, por meio de aulas teóricas, questionamentos, atividades e experimentos, sempre relacionando os subsunçores.

A aplicação de experimentos com auxílio de *smartphone* em sala de aula pode proporcionar uma maior motivação e participação dos alunos, além de criar um ambiente agradável entre os alunos. O *smartphone* aqui não é o objetivo, mais sim um instrumento de ensino.

Além disso, o presente produto educacional busca, embora não há uma definição exata para o termo energia, fornecer para os estudantes uma compreensão geral sobre esse tema.

Um dos resultados esperados é que a experiência deste produto educacional possa motivar os professores a fazer modificações e adaptações necessárias e também ser levada para outros temas e conteúdos, assim melhorando a sua prática docente.

Os mapas conceituais são ferramentas para a indicação de Aprendizagem Significativa, e a Sequência Didática é um instrumento de construção de novos saberes pelos educandos (GOMES, BATISTA, FUSINATO, 2019), ambos utilizados neste trabalho.

Este produto pedagógico contempla também o uso de metodologias diferenciadas (experimentos com uso de *smartphones*), motivando o aluno, proporcionando maior participação e, assim, propiciar uma aprendizagem

significativa. O uso do aplicativo *Phyphox* não é restrito aos experimentos apresentados, proporcionado ao professor uma série de outros experimentos.

As metodologias e ferramentas aqui apresentadas podem ser adaptadas ou modificadas a critério do professor.

## Referência Bibliográfica

---

COLUCCI, C. C.; NEVES, M.C.D.; MURA, J.; MELO, M.A.C., **Física Geral I**. EDUEM, Maringá, V.1, 2009.

FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M., **Lições de Física**. Tradução da Equipe do IFUSP sob supervisão de A. Fazzio. Bookman, Porto Alegre, 2008.

GOMES, E. C., BATISTA, M. C., FUSINATO, P. A. , **A Utilização de Mapas Conceituais como Instrumento de Avaliação no Ensino De Física**, Revista de Ensino de Ciências e Matemática 10 (3) : 58-78, 2019, DOI: 10.26843/rencima.v10i3.2053

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9 ed. v 1. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MALACRIDA, J. P., **O uso de smartphones no estudo do conteúdo Energia**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2021.

MOREIRA, M. A. **O mestrado (profissional) em ensino**. **Revista Brasileira de Pós Graduação**, ano 1, n. 1, 2004. Disponível em:  
<http://ojs.rbpq.capes.gov.br/index.php/rbpq/article/view/26>

MOREIRA, M. A.; BUOKWEITZ, B. **Mapas conceituais**. São Paulo. Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M. A. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educación Científica, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2012.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**, 2a edição, Porto Alegre, 2016, 69 p. Disponível em: [moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf](http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf). Acesso em: 20 mai. 2020.

NUSSENZVEIG, M. H., **Curso de Física Básica**, Vol. 1, Ed. Edgar Blucher Ltda, 2002;

ZABALA, A., **A prática educativa: como ensinar**, trad. Ernani F. da F. Rosa, **ArtMed**, Porto Alegre, ISBN 85-7307-426-4, 1998.

## APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO

---

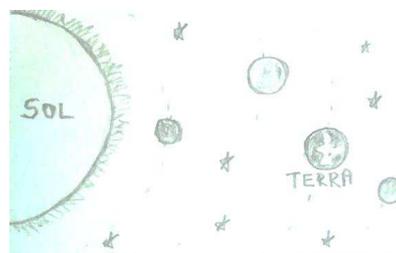
As questões a seguir se referem ao conceito de energia na ciência, leia-as com atenção e marque apenas uma alternativa em cada questão (exceto a questão 12, em que você deve marcar verdadeiro ou falso). (Todas as figuras deste apêndice foram elaboradas pelo autor desse trabalho no ano de 2019).

1- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) A energia pode ser transformada;
- b) A energia pode ser destruída;
- c) A energia pode ser criada;
- d) A energia pode ser criada e destruída.

2- Das alternativas abaixo, marque aquela onde é possível encontrar alguma forma de energia:

- a) Apenas no planeta Terra;
- b) Apenas no planeta Terra e no Sol;
- c) Apenas no sistema solar;
- d) Em todo universo.

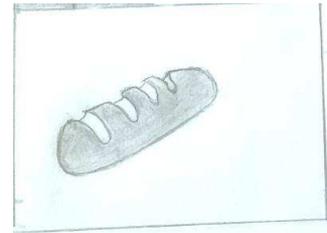


3- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) Todo tipo de energia é palpável;
- b) Todo tipo de energia é visível;
- c) Todo tipo de energia pode ser ouvido;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.

4- Uma pessoa comeu um pão no café da manhã, sabendo disso, marque a opção correta:

- a) O alimento não forneceu energia para a pessoa;
- b) O alimento forneceu energia para a pessoa;
- c) Se fossem três pães, a pessoa obteria energia;
- d) Nada podemos concluir.



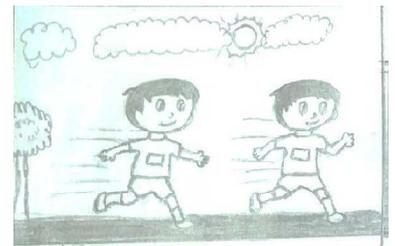
5- Dos conceitos a seguir, apenas um não possui relação direta com o termo energia, identifique-o e marque-o\*:

- a) Velocidade;
- b) Núcleo atômico;
- c) Vácuo;
- d) Calor.

\* Como este questionário é indicado para alunos do ensino médio, estamos desconsiderando a energia do vácuo / efeito Casimir ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito\\_Casimir](https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Casimir)).

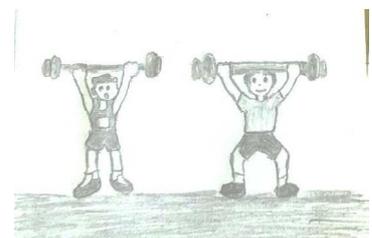
6- Duas crianças gêmeas correm numa rua, em boas condições, com velocidades diferentes, então:

- a) A criança com menor velocidade terá maior energia cinética;
- b) A criança com maior velocidade terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nada podemos concluir



7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que:

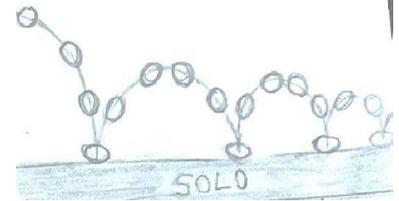
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a



energia gasta pelo adulto;

d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.

8- Uma pessoa adulta deixa uma bolinha de borracha cair em direção ao solo, verificou-se que a bolinha quicou algumas vezes até ficar parada sobre o solo, então podemos afirmar que:



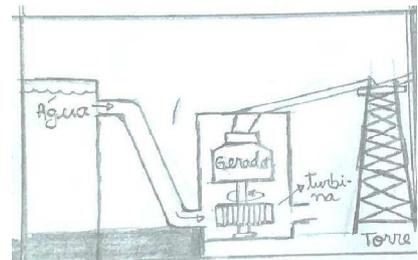
a) A bolinha quicou porque ela é leve;

b) A bolinha quicou por que tinha energia armazenada;

c) A bolinha quicou por que recebeu energia do solo;

d) Nenhuma das alternativas está correta.

9- Qual das seguintes transformações de energia é a que ocorre numa usina hidrelétrica:



a) Energia química em energia elétrica;

b) Energia potencial gravitacional em energia elétrica;

c) Energia elétrica em energia elétrica;

d) Energia nuclear em energia elétrica

10- Duas crianças, sendo que uma possui o dobro da massa da outra, correm numa rua em boas condições, com velocidades iguais, então:



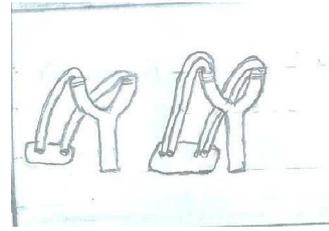
a) A criança com maior massa terá maior energia cinética;

b) A criança com menor massa terá maior energia cinética;

c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;

d) Nenhuma das alternativas anteriores estão corretas.

11- Uma criança possui dois estilingues. Sendo que um possui apenas duas mangueiras elásticas (o da esquerda) e outro que possui quatro mangueiras elásticas (o da direita), considere que todas as mangueiras possuem o mesmo comprimento e marque o que for correto:



- a) Ambos estilingues possuem mesma energia para disparar uma pedra.
- b) O estilingue da direita possui mais energia para disparar uma pedra.
- c) O estilingue da esquerda possui mais energia para disparar uma pedra.
- d) Eles não são capazes de disparar nenhum objeto.

12- Marque V para verdadeiro e F para falso:

- ( ) A energia é encontrada apenas em seres vivos.
- ( ) A energia é uma força.
- ( ) A energia pode ser armazenada.
- ( ) A energia é o produto de alguma atividade.
- ( ) A energia faz com que as coisas aconteçam.
- ( ) A energia pode ser criada.
- ( ) A energia pode ser transformada.
- ( ) A energia está associada apenas ao movimento.
- ( ) Uma pedra, parada, no topo de uma montanha não possui energia armazenada.
- ( ) A energia nuclear é um tipo de energia.

## APÊNDICE II: APLICATIVOS PARA SMARTPHONE

---

Neste trabalho foram utilizados dois aplicativos: *Phyphox* e *VideoShow*, detalhados para fim ilustrativo.

### II.1 Aplicativo *Phyphox*

O aplicativo *Phyphox* foi desenvolvido no segundo Instituto de Física da Universidade Técnica de Aachen, na Alemanha. Com esse aplicativo conseguimos realizar experiências de Física usando o *smartphone*. Isso é possível porque o aplicativo permite que se usem os sensores do aparelho para realizar estes experimentos como, por exemplo, detectar a frequência de um pêndulo simples utilizando o sensor acelerômetro do próprio *smartphone*.

Esse aplicativo pode ser utilizado gratuitamente e pode ser encontrado para *download* em seu *website* oficial ([phyphox.org](http://phyphox.org)). Os pré-requisitos básicos para poder utilizar o aplicativo são alguns sensores, dentre eles: acelerômetro, microfone, sensor de luz e sensor de proximidade. De forma geral, quanto mais sensores o aparelho tiver, mais experiências poderão ser utilizadas, pois maior é a abrangência que se pode alcançar.

Depois de instalado, o aplicativo pode ser iniciado e a tela da Figura II.1 será exibida.

**Figura II.1**– Cópia da Tela inicial do *Phyphox*.



Fonte: O autor, 2020.

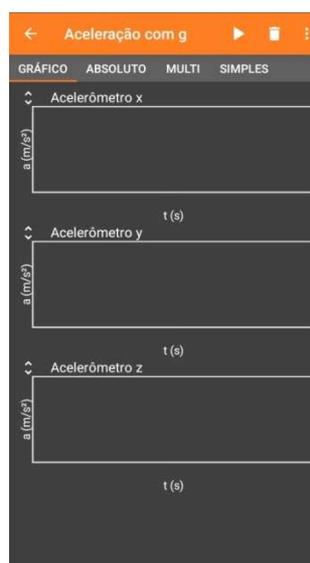
Na tela inicial do aplicativo, no canto superior esquerdo temos o nome do aplicativo, enquanto que no canto superior direito há um ícone disponível para informações gerais sobre o aplicativo. Logo abaixo estão os menus com os experimentos, estes são: sensores, acústica, dia a dia, ferramentas, mecânica e temporizadores. As experiências que não estão escritas com as letras na cor branca não podem ser acessadas e nem executadas, provavelmente porque o aparelho não possui o sensor específico para cada experimento.

No canto inferior direito da tela inicial aparece um ícone '+', esse ícone representa a função para adicionar experimento. Ao clicar nesse ícone, deverão aparecer três opções ao usuário: adicionar experimento com código QR; adicionar experimento para dispositivo Bluetooth; e adicionar experimento simples. Ao clicar no ícone 'x', o usuário voltará à tela anterior.

No canto superior direito da tela inicial há um ícone representado pela letra 'i', nesse ícone o usuário encontra informações gerais sobre o aplicativo, como créditos, ideias de experimentos e instruções, perguntas frequentes (em inglês), ajuda do acesso remoto (em inglês), idiomas e informações do aparelho. O *Phyphox* utiliza o primeiro idioma disponível da lista de idiomas favoritos do aparelho.

No *menu* das experiências disponíveis, quando o usuário seleciona uma, aparecerá uma nova tela, como mostra a Figura II.2:

**Figura II.2-** Cópia da tela do experimento de aceleração com g.



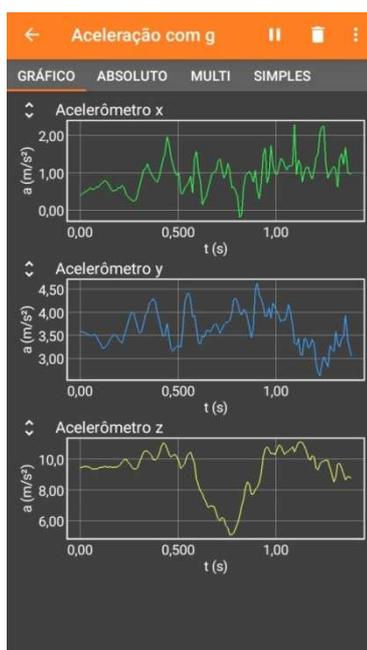
Fonte: O autor, 2020.

A imagem da Figura II.2 foi gerada ao selecionar o experimento ‘aceleração com g’. Percebe-se que essa tela contém todas as ferramentas possíveis dessa experiência. Na parte superior da tela, na aba laranja há o nome do experimento, o ícone ‘play’, o ícone ‘lixeira’, o ícone ‘mais opções’ e o ícone ‘voltar’.

O ícone *play* serve para iniciar o experimento com o uso do sensor, esse mesmo ícone servirá para pausar a experiência quando ela já estiver sendo executada. O ícone da lixeira serve para limpar os dados gravados nessa experiência, ao fazer isso o usuário poderá reiniciar a mesma. O ícone de voltar está localizado no canto superior esquerdo, ele serve somente para retornar à tela anterior e, por fim, o ícone ‘mais opções’, representado por três pontos e localizado no canto superior direito, fornece ao usuário seis novas opções, são elas: ‘informações do experimento’; ‘exportar dados’; ‘compartilhar captura da tela’; ‘medida temporizada’; e ‘salvar experiência’.

Logo abaixo da parte laranja da tela há um *menu* com quatro opções: ‘gráfico’, ‘absoluto’, ‘multi’ e ‘simples’. Na opção ‘gráfico’, são gerados três gráficos da aceleração (medida em  $m/s^2$ ) em função do tempo (medido em s), os gráficos são intitulados como: “Acelerômetro x”, “Acelerômetro y” e “Acelerômetro z”, sendo que cada um deles representa uma dimensão do espaço tridimensional, conforme a Figura II.3.

**Figura II.3-** Cópia da tela do resultado de experimento da aceleração com g.



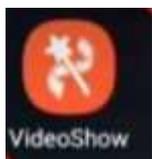
Fonte: O autor, 2020.

## II.2 Aplicativo *VideoShow*

O *VideoShow* é um editor grátis capaz de criar vídeos com as fotos da galeria do *smartphone*. A ferramenta permite inserir fotos e vídeos, selecionar músicas para criar uma trilha sonora, além de adicionar textos e efeitos animados para deixar o filme personalizado, no estilo *Movie Maker*. Disponível para *Android* e *iPhone* (iOS), não há um limite para a quantidade de imagens utilizadas, porém, quanto maior o número de itens, mais longo será o vídeo. O *app* é muito utilizado para criar clipes românticos ou homenagens para postar nas redes sociais.

Vale ressaltar que o conteúdo produzido na versão gratuita do aplicativo exibirá uma marca d'água com a mensagem "*Made with Videoshow*" (Feito com o *VideoShow*) no canto direito. (Figura II.4)

Figura II.4 – Imagem do: (a) símbolo do *VideoShow* no *smartphone*, (b) posição de um dos *smartphones* no experimento de colisão In(elástica), indicando ainda a marca d'água.



(a)



(b)

Fonte: o autor, 2019.

## Apêndice III – Respostas das Atividades Propostas

### III.1 – Respostas do questionário avaliativo – Apêndice I

As questões a seguir se referem ao conceito de energia na ciência, leia-as com atenção e marque apenas uma alternativa em cada questão (exceto a questão 12, em que você deve marcar verdadeiro ou falso).

1- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que: **Resposta: A**

- a) A energia pode ser transformada;
- b) A energia pode ser destruída;
- c) A energia pode ser criada;
- d) A energia pode ser criada e destruída.

2- Das alternativas abaixo, marque aquela onde é possível encontrar alguma forma de energia: **Resposta: D**

- a) Apenas no planeta Terra;
- b) Apenas no planeta Terra e no Sol;
- c) Apenas no sistema solar;
- d) Em todo universo.



3- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que: **Resposta: D**

- a) Todo tipo de energia é palpável;
- b) Todo tipo de energia é visível;
- c) Todo tipo de energia pode ser ouvido;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.

4- Uma pessoa comeu um pão no café da manhã, sabendo disso, marque a opção correta: **Resposta: B**

- a) O alimento não forneceu energia para a pessoa;
- b) O alimento forneceu energia para a pessoa;
- c) Se fossem três pães, a pessoa obteria energia;
- d) Nada podemos concluir.

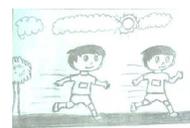


5- Dos conceitos a seguir, apenas um não possui relação direta com o termo energia, identifique-o e marque-o: **Resposta: C**

- a) Velocidade;
- b) Núcleo atômico;
- c) Vácuo;
- d) Calor.

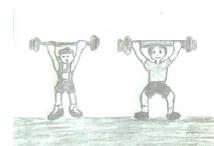
6- Duas crianças gêmeas correm numa rua, em boas condições, com velocidades diferentes, então: **Resposta: B**

- a) A criança com menor velocidade terá maior energia cinética;
- b) A criança com maior velocidade terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nada podemos concluir

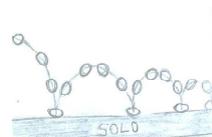


7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que: **Resposta: A**

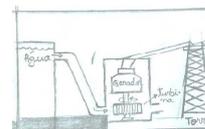
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a energia gasta pelo adulto;
- d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.



- 8- Uma pessoa adulta deixa uma bolinha de borracha cair em direção ao solo, verificou-se que a bolinha quicou algumas vezes até ficar parada sobre o solo, então podemos afirmar que: **Resposta: B**
- A bolinha quicou porque ela é leve;
  - A bolinha quicou por que tinha energia armazenada;
  - A bolinha quicou por que recebeu energia do solo;
  - Nenhuma das alternativas está correta.



- 9- Qual das seguintes transformações de energia é a que ocorre numa usina hidrelétrica: **Resposta: B**
- Energia química em energia elétrica;
  - Energia potencial gravitacional em energia elétrica;
  - Energia elétrica em energia elétrica;
  - Energia nuclear em energia elétrica

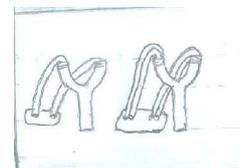


- 10- Duas crianças, sendo que uma possui o dobro da massa da outra, correm numa rua em boas condições, com velocidades iguais, então: **Resposta: A**
- A criança com maior massa terá maior energia cinética;
  - A criança com menor massa terá maior energia cinética;
  - As duas crianças terão a mesma energia cinética;
  - Nenhuma das alternativas anteriores estão corretas.



- 11- Uma criança possui dois estilingues. Sendo que um possui apenas duas manguueiras elásticas (o da esquerda) e um outro que possui quatro manguueiras elásticas (o da direita), considere que todas as manguueiras possuem o mesmo comprimento e marque o que for correto: **Resposta: b – visto que para quatro elásticos em paralelo a constante elástica equivalente é a soma das suas constantes elásticas, pois todas são de mesmo comprimento e material:  $k_{eq.} = 4k$  a sua energia potencial elástica ( $= \frac{1}{2}kl^2$ ) será igual a  $E_{p_{eld}} = 2kl^2$  e para duas manguueiras em paralelo  $E_{p_{ele}} = kl^2$ , a  $E_{p_{eld}} = 2E_{p_{ele}}$ . Lembrando que a energia potencial elástica acumulada é que irá disparar a pedra, se transformando em energia cinética.**

- Ambos estilingues possuem mesma energia para disparar uma pedra.
- O estilingue da direita possui mais energia para disparar uma pedra.
- O estilingue da esquerda possui mais energia para disparar uma pedra.
- Eles não são capazes de disparar nenhum objeto.



- 12- Marque V para verdadeiro e F para falso:
- ( F ) A energia é encontrada apenas em seres vivos.
  - ( F ) A energia é uma força.
  - ( V ) A energia pode ser armazenada.
  - ( V ) A energia é o produto de alguma atividade.
  - ( V ) A energia faz com que as coisas aconteçam.
  - ( F ) A energia pode ser criada.
  - ( V ) A energia pode ser transformada.
  - ( F ) A energia está associada apenas ao movimento.
  - ( F ) Uma pedra, parada, no topo de uma montanha não possui energia armazenada.
  - ( V ) A energia nuclear é um tipo de energia.

## III.2 – Respostas questões - Aula 4

### Questões:

1. Marque a alternativa incorreta: (Explique sua escolha)
- Um carro de fórmula 1, parado, não possui energia cinética.
  - Uma pessoa correndo com velocidade constante possui energia cinética.
  - A energia cinética não depende da massa do corpo.
  - Todo corpo em movimento, possui energia cinética.

**Resposta: item c)  $E_c = \frac{1}{2}m v^2$  (depende da massa);**

2. Um objeto parado possui energia cinética? Explique sua resposta.

Resposta: Não, a velocidade é nula, logo a energia cinética também.

6. Uma criança de massa 40 Kg viaja no carro dos pais, sentada no banco de trás e presa pelo cinto de segurança. Num determinado momento, o carro atinge a velocidade de 20 m/s. Qual será o valor da energia cinética dessa criança em relação a um observador em repouso na beira da estrada?

Resposta: Para o observador em repouso na beira da estrada, o carro e a criança estarão a uma mesma velocidade, logo a sua energia cinética será igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (40)(20)^2 = 8.000 \text{ J.}$$

7. Um objeto de massa 0,600 Kg está em movimento e possui energia cinética de 2.000 J. Determine a velocidade desse objeto em m/s.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v^2 = 2 \frac{2.000}{0,600}$$

$$v \sim 82 \text{ m/s}$$

8. O que acontece com a energia cinética de um automóvel se a sua velocidade dobrar? (Explique sua escolha)
- Ficará 2 vezes maior.
  - Ficará 4 vezes maior.
  - Ficará 2 vezes menor.
  - Ficará 4 vezes menor.
  - Permanecerá constante

Resposta: item b)  $E_{cf} = \frac{1}{2} m (2v)^2 = 4 \left[ \frac{1}{2} m v^2 \right] = 4 E_{ci}$

### III.3 – Resposta questão - Aula 5

“Sabemos que um tiro dado para cima pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?”

A bala sairá da arma com uma determinada velocidade tendo assim uma energia cinética que irá acumular energia potencial ao subir, e após atingir a altura máxima irá descer e essa energia potencial acumulada se transformará em energia cinética e irá atingir o solo ou uma pessoa com uma determinada velocidade.

### III.4 – Respostas questões - Aula 6

1- Um ciclista desce uma rua inclinada, com forte vento contrário ao seu movimento, com velocidade constante. Pode-se afirmar que:

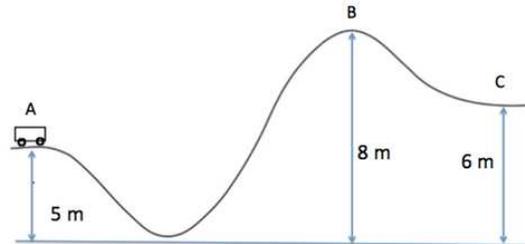
- sua energia cinética está aumentando.
- sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
- sua energia cinética está diminuindo.
- sua energia potencial gravitacional é constante.
- Nenhuma das alternativas está correta.

Resposta: item b). Velocidade constante a energia cinética se mantém constante. Como está diminuindo a altura de onde estava inicialmente a energia potencial diminui.

2- Qual é o valor da energia potencial gravitacional associada a uma pedra de massa igual a 20 Kg quando esta se encontra no topo de um morro de 140 m de altura em relação ao solo?

$$E_{p_g} = mgh = 20 (9,8)(140) = 27.440 \text{ J}$$

3- Um carrinho de massa igual a 15 kg se movimentará pelo trilho a seguir. Considerando  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ . Marque o que for correto:



- (01)O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto A. **Errado**  
 (02)O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto B. **Certo**  
 (03)No ponto C, a energia potencial gravitacional armazenada no carrinho é igual a 800 Joules. **Errado é igual a  $E_{p_g} = mgh = (15)(10)(6) = 900 \text{ J}$ .**  
 (04)Entre os pontos A e B a energia potencial gravitacional do carrinho assume um valor mínimo. **Certo.**  
 (05)Se a massa do carrinho fosse de 30 kg, a energia potencial gravitacional no ponto C seria triplicada. **Errada, vai ser duplicada.**  
 (06)Somatória das alternativas corretas: Resposta: **(01+04)=05**

4- Responda corretamente:

- a) Uma maçã no topo de uma árvore possui energia armazenada? Explique.  
**Resposta: Sim, energia potencial =  $mgh$ .**  
 b) É possível um objeto ter energia potencial gravitacional na superfície da Lua? Explique.  
**Resposta: Não, mesmo com  $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ , pois o objeto estará na superfície da Lua.**  
 c) Um grão de poeira, de massa igual 0,0002 grama, situado na estratosfera possui energia potencial armazenada? Explique.  
**Resposta: sim, pois possui massa e está a certa altura em relação a superfície da Terra, e próximo a superfície da Terra a gravidade é a mesma.**

### III. 5 - Exemplo de mapa conceitual

Segue imagem de exemplo de mapa conceitual (Figura III.1).

Figura III.1 – Registro do mapa conceitual elaborado pela turma 1<sup>o</sup>A após a aplicação do P.E.



Fonte: o autor, 2019

### III.6 Resultados dos Exp. 1 e 2

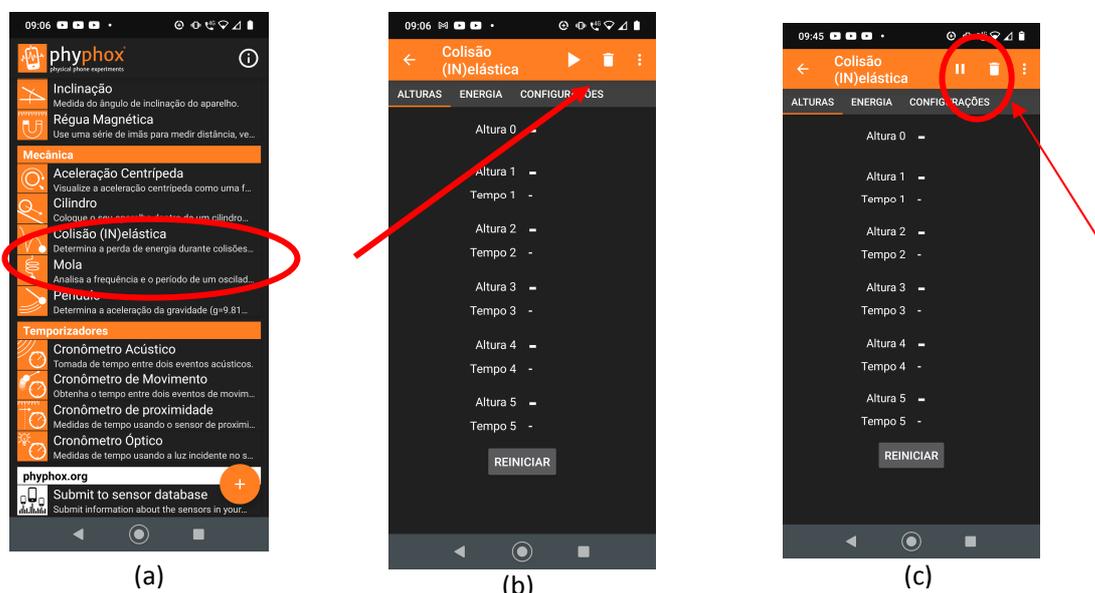
Seguem os resultados que se espera obter com os experimentos 1 e 2, referentes as aulas 9 e10.

#### III.6.1 - Experimento 1- Dissipação de energia: bolinha quicando

Selecionar a opção colisão in(elástica) (Figura III. 2 (a));

Observar a seta piscando na parte superior do *smartphone* (Figura III.2 (b)). Clique sobre a seta antes de liberar a bolinha. Irá aparecer a tela apresentada na Figura III.2 (c);

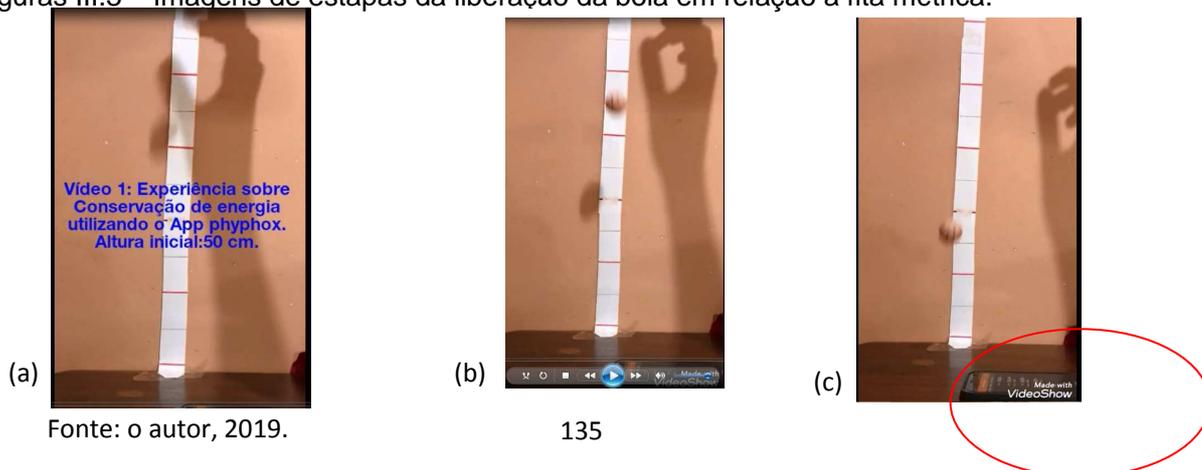
Figuras III.2 – Imagens da (a) tela indicando onde selecionar a opção desejada; (b) a seta piscando indicando que o aplicativo está pronto para uso, e (c) onde apertar na tela antes de liberar a esfera.



Fonte: o autor, 2020.

Seguem nas Figuras III.3 (a) a (c) imagens de uma das bolinhas sendo liberadas, ressaltando que ao atingir a base deve fazer barulho da colisão entre ambas. Observar em (c) a posição do *smartphone* com a situação da Figura III.2 (b), antes de acionar o *play*(Figura III.2 (c)).

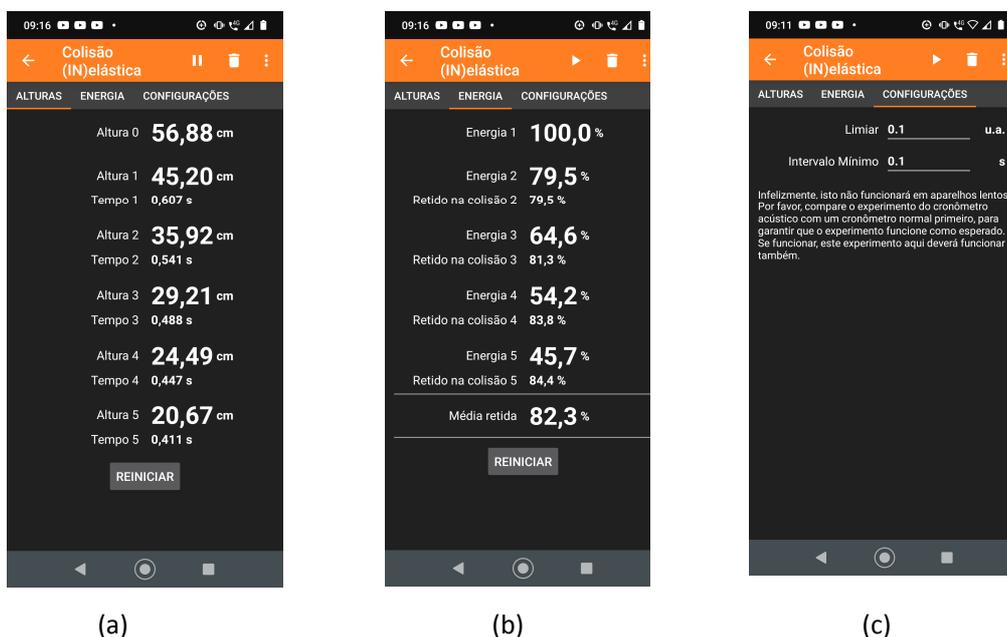
Figuras III.3 – Imagens de etapas da liberação da bola em relação a fita métrica.



Fonte: o autor, 2019.

Para cada liberação da bolinha, a tela será preenchida nas alturas que a mesma irá atingir quicando no solo (Figura II.4(a)). Copiar a tela, segurando apertado o botão liga desliga do *smartphone*, irá aparecer a tela de cópia e enviar por email, ou salvar no *smartphone*. Mudar na parte superior para energia (Figura III.4(b)) e captar e salvar essa tela também. A Figura III.4 (c) está a configuração da precisão do tempo captado de 0,1 s de intervalo mínimo. Essa etapa deve ser repetida a cada altura liberada.

Figura III.4 – Exemplos de imagens das etapas (a) captação dos dados das alturas e (b) dos valores das energias. E, em (c) configurações informações do aplicativo em relação ao cronômetro.



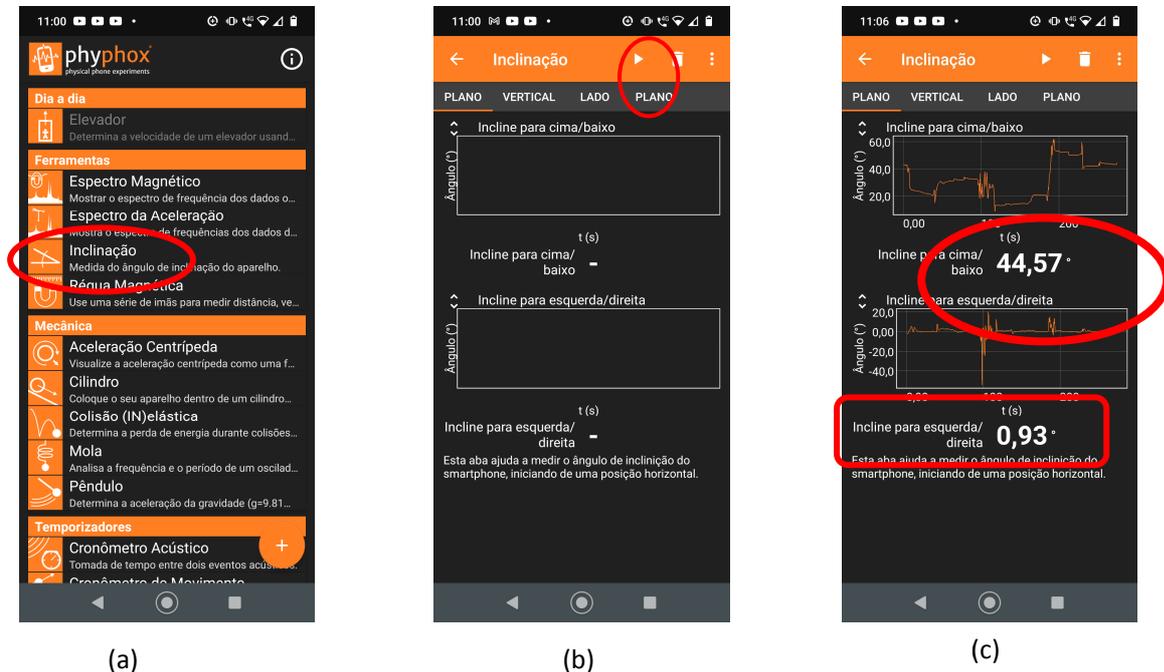
Fonte: o autor, 2020.

Captado todos os dados a questão é analisar. É possível calcular a energia inicial total e a final e obter a energia dissipada.

### III.6.2 - Experimento 2- Plano inclinado com dissipação de energia

Neste experimento, pode-se utilizar o próprio aplicativo para saber o ângulo de inclinação antes de iniciar o experimento. Veja imagens das Figuras III.5 (a) a (c). Em (b) seta piscando que indica que o aplicativo está pronto para o uso. E, em (c) após apertar a tela e posicionar o *smartphone* sobre o plano inclinado circulado em vermelho um exemplo: 44,57° indica a inclinação, e o valor 0,93 de que não está nivelado na inclinação lateral, o ideal seria ser zero.

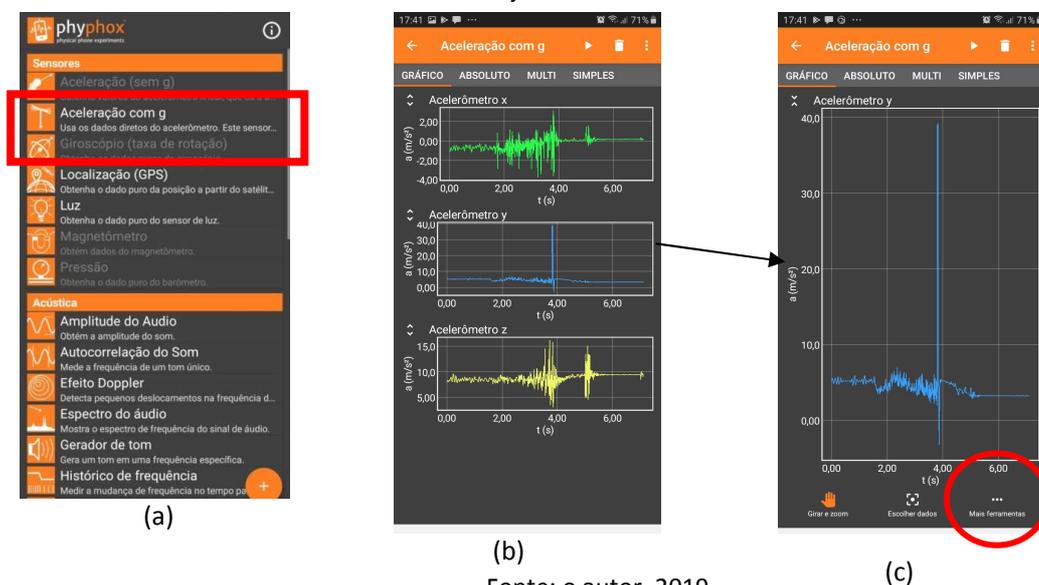
Figuras III. 5 – Imagens das etapas (a) tela indicando o aplicativo que afere o ângulo; (b) *Play*. E, em (c) exemplo:  $44,57^\circ$  indica a inclinação do plano inclinado, e o valor 0,93 de que não está nivelado na inclinação lateral, o ideal seria zero.



(a) Fonte: o autor, 2019.

Após nivelar no sentido lateral e anotar o ângulo de inclinação selecionar o aplicativo em aceleração com g (Figura III.6(a)). Aperte na seta e deixe o *smartphone* deslizar. Salve as telas com os resultados (Figuras C. 6 (b) e (c)). Na Figura III.6, indica como obter o valor de *g* por ajuste linear (explicação na Figura 9).

Figuras III.6 – Exemplo de imagens das etapas (a) tela indicando o aplicativo na opção Aceleração com g; (b) Resultado da captação das informações. E, em (c) Mais ferramentas -> ajuste linear.



(a) Fonte: o autor, 2019.

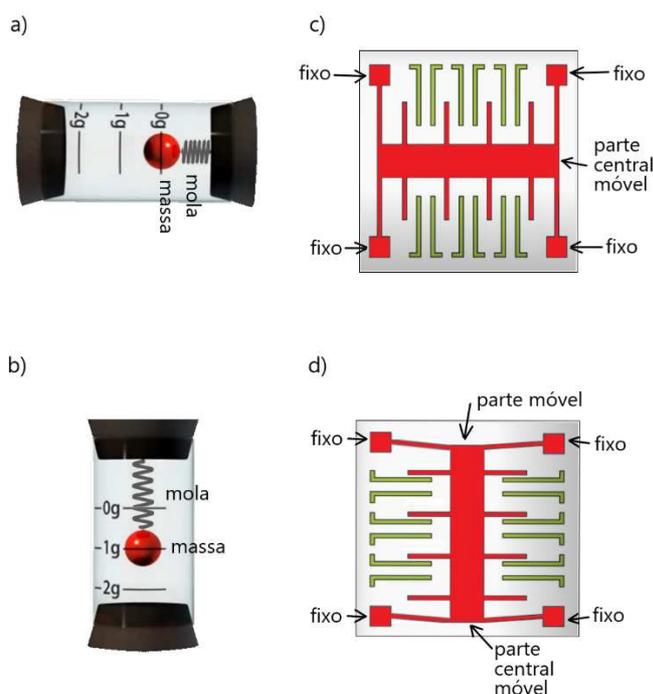
## APÊNDICE IV - Como o *Smartphone* mede a aceleração?

Existem diversos exemplos do uso dos acelerômetros dos celulares em aulas de física (MONTEIRO, CABEZA, MARTÍ, 2014) (SCIENTIFIC AMERICAN).

Para explicar o funcionamento de como o *smartphone* mede a aceleração, vamos considerar inicialmente um sistema massa-mola, como mostrado na Figura IV.1 (GOODRICH, 2013) (HAMMACK, RYAN, ZIECH, 2012). Nesta posição a massa (esfera vermelha) está na posição  $0g$  e a não tem nenhuma força agindo sobre a massa na direção da mola. Rodando o sistema em 90 graus (Figura IV.1b)), a massa se desloca para posição de equilíbrio  $1g$ . Na direção da mola temos duas forças que atuam sobre a massa: i) a força gravitacional  $F_g$ , que é igual a produto entre a massa e a aceleração da gravidade ( $F_g = mg$ ) e a ii) força da mola  $F_m$  é dada pelo produto entre a constante elástica da mola  $k$  e o deslocamento da massa  $d$  ( $F_m = -kd$ ). A segunda Lei de Newton pode ser escrita como:

$$\sum F = F_g + F_m = 0,$$
$$mg = kd$$

**Figura IV.1** - Funcionamento do acelerômetro num *smartphone*



Fonte: HAMMACK, RYAN, ZIECH, 2012

Assim, a aceleração gravitacional é dada por:

$$g = \frac{kd}{m}.$$

Conhecendo a constante  $k$ , a massa  $m$  e o deslocamento  $d$ , podemos determinar o valor de  $g$ .

Os *smartphones* têm um sistema massa-mola, conforme pode-se ver na Figura IV.1. A parte vermelha é uma pequena peça de silício, fixada nas quatro pontas na placa, e livre na parte central, de tal forma que a parte central pode se mover. As partes amarelas são condutores elétricos carregados, formando o que chamamos de banco de capacitores<sup>16</sup>. Da mesma forma que no sistema descrito acima, quando o circuito está na posição IV.1, as forças se anulam. Quando giramos 90 graus o circuito, a parte central se desloca (Figura IV.1). Nesta nova posição, na parte central (que é móvel) atuam duas forças, a força gravitacional e a força da mola, é o que faz uma mudança da posição da parte central em relação a alguns condutores elétricos. Este deslocamento da parte central é sentido com a mudança da capacitância elétrica dos condutores elétricos. Este mesmo efeito dos capacitores é observado na tela dos *smartphones*, que tem uma série de capacitores, que reconhecem os comandos na tela com o dedo pela mudança da capacitância.

Existem também acelerômetros que funcionam com cristais piezoelétricos (GOODRICH, 2013). Estes materiais se polarizam eletricamente quando são colocados sobre pressão mecânica. Os piezos elétricos foram e ainda são muitos usados para obter faíscas elétricas nos acendedores “*Magiclick*”.

O *smartphone* tem na realidade três placas conforme mostradas na Figura IV.1c e IV1d, um para cada eixo ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ), que constituem o acelerômetro.

Os acelerômetros são importantes na detecção de grandes desacelerações em carros e a pela abertura dos “*airbags*”.

## Referências:

GOODRICH, R., **Accelerometers: What They Are & How They Work**, 2013, <https://www.livescience.com/40102-accelerometers.html>.

---

<sup>16</sup> capacitor é um componente elétrico com a capacidade de armazenar a carga elétrica e a energia associada em um campo elétrico. O primeiro capacitor foi a Garrafa de Leiden de 1746, descoberta por Pieter van Musschenbroek.

HAMMACK, B., RYAN, P., ZIECH, N., **How a Smartphone Knows Up from Down (accelerometer)**, Eight Amazing Engineering Stories: Using the Elements to Create Extraordinary Technologies, 2012, <http://www.engineerguy.com/elements/>.

MONTEIRO, M, CABEZA, C., MARTÍ, A. C, **Acceleration Measurements Using Smartphone Sensors**, Revista Brasileira de Ensino de Física 37(1), 2014, DOI: 10.1590/S1806-11173711639.

SCIENTIFIC AMERICAN, **Science with a Smartphone: Accelerometer**  
<https://www.scientificamerican.com/article/science-with-a-smartphone-accelerometer/#:~:text=Acceleration%20can%20be%20measured%20with,that%20display%20the%20accelerometer%20readings.>