

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Felipe Gonçalves Pereira**

**Avaliação formativa sobre energia:** uma proposta de sequência didática utilizando o aplicativo *Plickers*

Juiz de Fora

2021

**Felipe Gonçalves Pereira**

**Avaliação formativa sobre energia: uma proposta de sequência didática utilizando o aplicativo *Plickers***

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo autor

Gonçalves Pereira, Felipe.

Avaliação formativa sobre energia: uma proposta de sequência didática utilizando o aplicativo *Plickers* / Felipe Gonçalves Pereira. --. 257p.

Orientador: Emanuel José Reis de Oliveira

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

1. Ensino de Ciências. 2. Ensino de Física. 3. Energia mecânica. 4. Avaliação formativa. 5. Experimentação. I. Reis de Oliveira, Emanuel José, orient. II. Título.

**Felipe Gonçalves Pereira**

**Avaliação Formativa sobre energia:** Uma proposta de Sequência Didática utilizando o aplicativo *Plickers*

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 26 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira – Orientador  
Instituto Federal do Espírito Santo



---

Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle – Examinador 1  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho – Examinador 2  
Universidade Federal do Espírito Santo

Dedico este trabalho a minha família; a do presente e a do futuro.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, Criador da vida, que foi e tem sido paciente comigo; por ter sido e ser meu Bastião, *Ein Feste Burg*, me dando forças e paciência permitindo continuar no programa; por ter colocado pessoas importantes em minha vida que contribuíram direta e indiretamente com a realização deste trabalho, pessoas que foram Seus instrumentos para me ajudarem a perseverar e continuar, especialmente quando pensei em desistir. Obrigado, Senhor, por ter me concedido a graça e ter me ajudado até aqui; Ebenézer!

Agradeço ao Emanuel que me acolheu e topou o desafio de orientar, por sua dedicação e pelo zelo com a pesquisa que fizemos, pelas inúmeras horas de orientação e dedicação com o desenvolvimento deste trabalho. Não me esqueço também de sua esposa, Adriana, que contribuiu enormemente também para a realização desta empreitada, que sempre de forma generosa me ajudou a corrigir meus vícios analíticos e minhas imprecisões. Aos dois por terem me ensinado a buscar o rigor metodológico na pesquisa científica e por terem me acolhido também afetuosamente, aconselhando-me muitas vezes em assuntos que extrapolam os muros da Academia. Levarei o afeto e os laços que criamos para além da conclusão deste trabalho. Vocês foram e são exemplos para mim; inspiração acadêmica, profissional e como pessoas!

Agradeço aos meus pais, Almir e Maria Clara, que batalharam muito ao longo dos anos, não apenas durante o mestrado, mas durante toda a minha vida e que fizeram um tremendo esforço para que este sonho se tornasse realidade. Agradeço a eles pelo apoio material e emocional, por terem me incentivado e não terem desistido de mim, até mesmo quando eu mesmo já me desacreditava. Agradeço a eles pelas orações, pelo zelo, pelo perdão. Agradeço por terem sonhado junto comigo. Sem eles esse sonho não se tornaria realidade. Vocês são inspirações e exemplos para mim! Definitivamente não conseguiria sem vocês. Agradeço a Deus por vocês serem meus pais! Agradeço ao meu irmão João Gabriel pelo apoio, incentivo a perseverar, orações e por compreender minhas ausências nesse período e por servir de inspiração para mim, sempre dedicado e conciliando estudos e trabalhos de forma hercúlea. Meu agradecimento também à minha irmã Maria Eugênia, que mesmo morando longe, esteve presente em orações, pelo incentivo por ser exemplo para mim; estendo o agradecimento ao meu cunhado, Teles, pelos momentos de distração e apoio. Muito obrigado à minha sobrinha e afilhada, Maria Fernanda, que tem sido um alento ao meu coração nos últimos anos, obrigado pelo carinho, pelo amor e pela complacência da minha ausência em momentos importantes de sua vida; obrigado por se mostrar interessada em Ciências em tão tenra idade, isso tem despertado em mim novos desafios como tio, padrinho e professor. Agradeço a vocês por terem

me apoiado nesse sonho e terem compreendido meu afastamento. Vocês são meu baluarte! Amo vocês!

Meu agradecimento especial à minha noiva, Gláucia Maria, minha *lobster* – já que prefere *Friends* a *HIMYM*. Seu apoio e amor ao longo dessa jornada foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Não teria conseguido sem sua compreensão, sem suas orações, sem o seu perdão das minhas ausências e sem seu incentivo. Obrigado, meu amor, por ter acreditado em mim, por ter encarado essa jornada junto comigo e ter comprado esse sonho que se realiza e é nosso! Te amo, minha vida!

Meu muito obrigado também à minha sogra, dona Glória, pelo apoio e especialmente pela companhia à minha noiva nos tantos momentos que tive que abdicar da presença e por sempre me incluir em suas orações.

Agradeço a meu grande amigo, irmão de coração e irmão na fé Bruno Souza e sua família, que é minha de coração – especialmente à Dona Didi e ao Seu Valtinho – que sempre me apoiaram, oraram por mim. Meu muito obrigado também ao Felipe Meganha, amigo de longa data, desde a época da graduação, e que sempre me encorajou e acreditou em mim. Meu muito obrigado a vocês por terem compreendido minha ausência para além da pandemia.

Meu muito obrigado especial e muito carinhoso a Maria Luiza e Deborah. A realização deste sonho foi possível somente porque naquela tarde do final de 2017 enquanto tomávamos café na Relicário, vocês não apenas falaram do MNPEF, mas me estimularam a fazer o processo seletivo em um momento de muitas dúvidas e inseguranças profissionais. Vocês me encorajaram num momento muito crítico da minha vida, em que me sentia “abaixo do tapete, afundado no serrim” (VELOSO, 2005). Deborah inclusive que me estendeu a mão na segunda etapa do processo seletivo. Maria Luiza, muito mais do que uma ex-aluna, sempre foi uma grande amiga, incentivadora e que a todo momento acreditou em meu trabalho e minha capacidade como professor. Essa conquista também é de vocês, meninas! Meu obrigado também ao Clayton que também me auxiliou na segunda fase da seleção para o ingresso ao MNPEF.

Obrigado aos meus primos-irmãos Guilherme e Henrique, que estiveram sempre comigo ao longo dessa jornada, me dando força e propiciando bons momentos de distração. Estendo esse agradecimento à madrinha Tânia pelo acolhimento em sua casa durante os últimos anos, pelas orações, pelas conversas e pelo exemplo de mulher guerreira e batalhadora que é. Obrigado também a minha outra madrinha, Andréia, e sua mãe, Marli, que se tornou minha vó emprestada; obrigado pelo incentivo, pelas orações e por ter entendido minhas ausências, até mesmo quando estavam aqui em casa e pouca atenção pude dedicar a vocês.

Agradeço aos coordenadores, diretores e aos estudantes do curso onde foram desenvolvidas as atividades e que participaram e propiciaram a realização deste trabalho. Meu obrigado especial à Livia, Renata, Alessandro e Francisco, que nesses últimos anos têm me acolhido em seus cursinhos e confiado em meu trabalho.

Muito obrigado também à Érika pelo apoio e por ter me ajudado a encontrar o equilíbrio emocional nas batalhas internas que tenho travado.

Agradeço ao MNPEF pelas amizades que me proporcionou, especialmente a Alina, Erick, Guilherme, Leonardo, Marcos, Shaiane, Simone, Renata e Wallas, que além das horas de estudos dedicadas comigo, sempre me deram *feedbacks* e me apoiaram, academicamente e amistosamente. Agradecimento especial à Renata, minha coorientada, que em inúmeras vezes também contribuiu com suas reflexões para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado também a cada professor integrante do MNPEF, especialmente aos doutores Alysson Miranda, Bruno Gonçalves, Cláudio, o próprio Emanuel, Giovana, Júlio, Rizzuti, Tagliati e Wilson, que durante esses últimos anos foram capazes de me ensinar muito mais do que era referente à cátedra que ocupam e ao professor doutor Paulo pelo seu trabalho à frente da coordenação do programa no Polo 24.

Agradeço aos professores componentes da banca por terem aceitado o convite em compô-la.

Por fim, mas não menos importante aos funcionários da UFJF e IF Sudeste que através de sua dedicação e trabalho permitiram o funcionamento do Polo 24 do MNPEF e com isso a concretização dessa minha conquista e sonho. Brecht (1935) escreveu sobre grandes conquistas não serem méritos exclusivos de seus protagonistas e refletiu sobre aqueles que as páginas da História invisibilizaram:

(...) O jovem Alexandre conquistou a Índia. Sozinho? César ocupou a Gália. Não estava com ele nem mesmo um cozinheiro? Felipe da Espanha chorou quando sua armada naufragou. Foi o único a chorar? Frederico 2º venceu a Guerra dos Sete Anos. Quem partilhou da vitória? A cada página uma vitória. Quem preparava os banquetes?  
(...) (BRECHT, 1935)

Dessa forma, meu muito obrigado a vocês também!

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Só existirá uma democracia no Brasil no dia em que se montar a máquina que prepara as democracias. Essa máquina é a escola pública. Não a escola sem prédios, sem asseio, sem higiene e sem mestres devidamente preparados, e, por conseguinte, sem eficiência e sem resultados. E sim a escola pública rica e eficiente, destinada a preparar o brasileiro para vencer e servir com eficiência dentro do país (TEIXEIRA, 1936, p. 58).

## RESUMO

O presente trabalho consiste na investigação da aprendizagem do conteúdo conservação da energia mecânica, em um processo de avaliação formativa, pelos discentes do 9º ano do Ensino Fundamental que prestariam o exame para o ingresso no Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. Trabalhamos esta sequência didática vislumbrando a dimensão conceitual dos fenômenos físicos envolvidos, bem como a sua necessária contextualização. Nesta sequência didática utilizamos aparatos experimentais materiais adaptados de produtos de dissertações já defendidas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, juntamente com um experimento virtual no processo de ensino. Utilizamos o aplicativo *Plickers*, na perspectiva da avaliação formativa, com questões oriundas de diferentes materiais didáticos. Desta realização, geramos como produto educacional uma sequência didática sobre trabalho de uma força e a conservação da energia mecânica, contemplando as atividades avaliativas de caráter formativo utilizando o aplicativo *Plickers*. Dentre as quatro aulas realizadas, analisamos a ampliação, a redução e a estabilidade nos índices de acerto das questões, comparando-os entre dez diferentes questões discutidas nas duas últimas aulas. A partir desta análise, concluímos que o uso do *Plickers* nos permitiu acompanhar em tempo real o aprendizado dos conceitos envolvidos por meio do índice de acerto, possibilitou a identificação das opções marcadas de forma incorreta dentro deste processo de avaliação formativa, propiciando assim discussões das questões a partir do uso de intervenções terapêuticas, isto é, táticas de ensino a fim de recuperar especificamente uma insuficiência do aprendizado que foi constatada, que visaram dirimir as dúvidas existentes. Em função desse tratamento foi possível inferir uma melhor aprendizagem dos conceitos envolvidos, como sugerido pelo crescimento do índice de acerto nas questões analisadas.

Palavras-chaves: Sequência didática. Avaliação formativa. *Plickers*. Conservação da energia mecânica. Ensino de Física

## ABSTRACT

The present work consists of a learning investigation of conservation of mechanical energy subject in a formative assessment process done by ninth grader students from Elementary School who would apply for the entrance exam to enroll in the Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. The lesson sequencing was employed aiming a conceptual dimension of the involved physical phenomena along with its required contextualization. Experimental apparatuses, adapted materials from master thesis products which were defended at the Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, were used in this lesson sequencing in addition to a virtual experiment in the learning process. Plickers App was used in the formative assessment perspective arising from different didactic material questions. From this achievement, an educational product was developed by a lesson sequencing about a work done by a force and the conservation of mechanical energy embracing the evaluative activities of formative characteristic using Plickers App. Among all four classes taught, we analysed the enlargement, the reduction, and the stability in the hit ratio of the questions, comparing through ten different questions discussed in the past two classes. From this analysis, we could conclude that Plickers App use allowed us to follow the learning of the concepts involved in real time through hit ratio, besides enabling the identification of the wrong chosen options selection in a formative assessment process, providing questions discussions from therapeutic interventions, it means, teaching tactics in order to specifically recover an insufficiency of learning that was found, that aimed to settle previous doubts. By reason of this treatment, it was possible to infer a better learning of the involved concepts as suggested by the growth of the hit ratio in the analyzed questions.

Keywords: Lesson sequencing. Formative assessment. Plickers App. Conservation of a mechanical energy. Physics Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação alegórica da relação entre os conceitos e grandezas de energia e trabalho. ....	66
Figura 2 – Mudança no quarto. (a) Cômoda abaixo dos enfeites automotivos. (b) Cômoda escondendo o descascado. ....	69
Figura 3 – Cômoda sendo empurrada. ....	70
Figura 4 – Pacote sendo erguido em uma obra. (a) Um único pacote sendo erguido por um andar. (b) Um único pacote sendo erguido por dois andares. ....	71
Figura 5 – Pacotes sendo erguido em uma obra. (a) Dois pacotes sendo erguidos por um andar. (b) Dois pacotes sendo erguidos por dois andares. ....	72
Figura 6 – Cômoda sendo puxada pela corda. ....	73
Figura 7 – Etapas de decomposição para uma força. (a) Força inclinada aplicada ao corpo. (b) Prolongamento da força até o centro de massa do corpo. (c) Eixos cartesianos colocado sobre o centro de massa do corpo. (d) Componentes da força aplicada sobre o corpo. ....	74
Figura 8 – Força $\vec{F}$ com uma inclinação $\theta$ sendo aplicada sobre um copo e provocando um deslocamento $\Delta\vec{S}$ . ....	74
Figura 9 – Representação discreta de uma força variável provocando um deslocamento em um corpo. ....	76
Figura 10 – Gráfico com pontos destacados para análise de derivada. ....	78
Figura 11 – Gráfico com área destacada. ....	78
Figura 12 – Força resultante nula: forças atuando sobre um corpo que sofre um deslocamento $\Delta\vec{S}$ . ....	80
Figura 13 – Força resultante nula: somatório das forças que atuam sobre um corpo que sofre um deslocamento $\Delta\vec{S}$ . ....	80
Figura 14 – Halterofilista. ....	81
Figura 15 – Bola no ar. ....	83
Figura 16 – Corpo em queda livre. ....	83
Figura 17 – Corpo lançado verticalmente para cima. ....	84
Figura 18 – corpo descendo um plano inclinado sendo acelerado pela força peso. ....	85
Figura 19 – Corpo subindo um plano inclinado e desacelerando devido à força peso. ....	86
Figura 20 – Análise do deslocamento incremental $d\vec{S}$ . ....	87
Figura 21 – Força elástica. ....	88
Figura 22 – Gráfico da força elástica. ....	89
Figura 23 – Trajetória aleatória que um corpo sai da posição $\vec{r}_1$ até $\vec{r}_2$ . ....	92
Figura 24 – Trajetória qualquer que um corpo abandona a posição $\vec{r}_2$ e retorna para a posição $\vec{r}_2$ . ....	92

Figura 25 – As duas trajetórias juntas mostrando que o corpo retorna para sua posição de origem.....	93
Figura 26 – Superfícies equipotenciais do campo gravitacional terrestre.....	99
Figura 27 – Dada Maravilha em partida pelo Clube Atlético Mineiro contra o Botafogo de Futebol e Regatas. ....	102
Figura 28 – Skatista em uma rampa de inclinação variável. ....	104
Figura 29 – Jogador de futebol saltando para cabecear uma bola. ....	106
Figura 30 – Exemplo de um cartão do <i>Plickers</i> . (a) Cartão de resposta do primeiro estudante da lista. (b) Destaque das informações contidas no cartão.....	115
Figura 31 – Professora utilizando o aplicativo <i>Plickers</i> .....	116
Figura 32 – Estudantes utilizando os cartões dos <i>Plickers</i> .....	122
Figura 33 – Aparato experimental. ....	123
Figura 34 – Imagem de um bate-estacas retirada do vídeo exibido aos estudantes. ....	124
Figura 35 – Exibição feita pelo professor.....	125
Figura 36 – Revisão da primeira aula. ....	126
Figura 37 – Experimento do estilingue. (a) Preparação do lançamento. (b) Posição do pedaço de madeira após o lançamento.....	128
Figura 38 – Dados coletados pelos estudantes. (a) Coletas feitas por um dos grupos. (b) Coletas feitas pelo outro grupo. ....	130
Figura 39 – Skatista em uma pista com presença de força de atrito. (a) Altura em que o skatista começa o movimento. (b) Skatista atingindo a altura máxima tendo dissipado parte em energia térmica. ....	133
Figura 40 – Processos de conversão de energia em um sistema não conservativo. (a) Presença de energia mecânica e térmica. (b) Energia mecânica totalmente transformada em energia térmica. ....	134
Figura 41 – Processos de transformação de energia em um sistema conservativo. ....	134
Figura 42 – Resumo do conteúdo montado com os estudantes.....	136
Figura 43 – Ilustração do artista americano Sidney Harris de objetos sendo lançados do alto da Torre de Pisa.....	142
Figura 44 – Sistema massa-mola.....	149
Figura 45 – Skatista na pista.....	151
Figura 46 – Skatista no vale da pista. ....	152
Figura 47 – Sistema massa-mola.....	154
Figura 48 – Sistema massa-mola.....	156
Figura 49 – <i>Código QR</i> da simulação.....	181
Figura 50 – Exemplo de um cartão do <i>Plickers</i> . (a) Cartão de resposta do primeiro estudante da lista. (b) Destaque das informações contidas no cartão.....	183
Figura 51 – Professora utilizando o aplicativo <i>Plickers</i> .....	184

Figura 52 – Pote de maionese com areia. ....	195
Figura 53 Estaca. (a) Vista lateral. (b) Estaca firmada na areia. (c) Vista superior. ....	196
Figura 54 – Esferas de rolamento. ....	196
Figura 55 – Aparatos do Bate-estaca. (a) Instrumentos de medidas. (b) Exibição feita pelo professor. ....	197
Figura 56 – Pedaco de madeira. ....	198
Figura 57 – Elásticos. ....	198
Figura 58 – Trilho de cortina. ....	199
Figura 59 Medidas da deformação. (a) Instrumentos de medidas. (b) Instrumentos de medidas sendo utilizados no trilho com o pedaco de madeira. ....	199
Figura 60 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador. ....	202
Figura 61 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador. ....	203
Figura 62 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador. ....	204
Figura 63 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador. ....	205
Figura 64 – Ilustração do artista americano Sidney Harris de objetos sendo lançados do alto da Torre de Pisa. ....	206
Figura 65 – Sistema massa-mola. ....	209
Figura 66 – Skatista na pista. ....	210
Figura 67 – Skatista no vale da pista. ....	211
Figura 68 – Sistema massa-mola. ....	211
Figura 69 – Sistema massa-mola. ....	212
Figura 70 (a): O skatista desce a rampa do ponto A. (b): O vão de 20 metros que o skatista precisa saltar para chegar à área de manobras. ....	215
Figura 71: Deslocamento sofrido pelo corpo. ....	216
Figura 72 – Rampa de <i>skate</i> em forma de “U”. ....	216
Figura 73 – Gráfico força versus deslocamento. ....	217
Figura 74 – Mola lançando um corpo em um plano horizontal de 2,0m que termina em uma rampa em forma de meio “U”. ....	218
Figura 75 – Ilustração da bola de plástico sendo girada verticalmente por uma pessoa com o auxílio de um barbante. ....	219
Figura 76 – Ilustração de um atleta executando salto com vara. ....	221
Figura 77 – Ilustração do artista americano Sidney Harris. ....	222
Figura 78 – A empilhadeira. ....	223
Figura 79 – A embalagem da lâmpada. ....	224
Figura 80 (a): O skatista desce a rampa do ponto A. (b): O vão de 20 metros que o skatista precisa saltar para chegar à área de manobras. ....	229
Figura 81: Deslocamento sofrido pelo corpo. ....	230

Figura 82 – Rampa de <i>skate</i> em forma de “U”.....	231
Figura 83 – Gráfico força versus deslocamento. ....	233
Figura 84 – Mola lançando um corpo em um plano horizontal de $2,0m$ que termina em uma rampa em forma de meio “U”.....	236
Figura 85 – Ilustração da bola de plástico sendo girada verticalmente por uma pessoa com o auxílio de um barbante. ....	237
Figura 86 – Ilustração de um atleta executando salto com vara. ....	242
Figura 87 – Ilustração do artista americano Sidney Harris .....	244
Figura 88 – A empilhadeira. ....	245
Figura 89 – A embalagem da lâmpada. ....	247

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Índice de acerto na Questão 13.....	139
Gráfico 2 –Índice de acerto na Questão 14.....	142
Gráfico 3 – Índice de acerto na Questão 15.....	144
Gráfico 4 – Índice de acerto na Questão 20.....	146
Gráfico 5 – Índice de acerto na Questão 22.....	148
Gráfico 6 – Índice de acerto na Questão 23.....	149
Gráfico 7 – Índice de acerto na Questão 24.....	151
Gráfico 8 – Índice de acerto na Questão 25.....	153
Gráfico 9 – Índice de acerto na Questão 26.....	155
Gráfico 10 – Índice de acerto na Questão 27.....	156
Gráfico 11 – Curva de tendência do índice de acerto ao longo da SD executada. ....	158

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela simplificada da coleta de dados do experimento. $H(cm)$ representa o deslocamento da esfera; $y(cm)$ representa a profundidade penetrada pela estaca. (a) Estaca posicionada no ponto mais alto (pequeno deslocamento da esfera). (b) Estaca posicionada no ponto mais baixo (deslocamento da esfera maior). .....	125
Tabela 2 – Questões analisadas, objetivos e percentuais de acerto. ....	138
Tabela 3 – Relação entre a Questão 13 e Questão 14.....	143
Tabela 4 – Relação entre a Questão 14 e Questão 15.....	144
Tabela 5 – Relação entre a Questão 15 e Questão 20.....	147
Tabela 6 – Relação entre a Questão 22 e Questão 23.....	150
Tabela 7 – Relação entre a Questão 24 e Questão 25.....	153
Tabela 8 – Relação entre a Questão 23 e Questão 26.....	155
Tabela 9 – Relação entre a Questão 26 e Questão 27.....	157
Tabela 10 – Tabela proposta para coleta de dados do experimento .....	179
Tabela 11 – Tabela proposta para o experimento de energia potencial elástica.....	200

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Graus de liberdade entre educador/educando em aulas de laboratório. ....	32
Quadro 2 – Comparação entre os tipos de avaliação.....	54
Quadro 3 – Exemplificação de como seria a planilha para avaliação dos aspectos CAP de uma única aula.....	63
Quadro 4 – Síntese das atividades programadas. ....	112
Quadro 5 – Detalhamento dos produtos do MNPEF sobre energia que utilizamos.....	173
Quadro 6 – Plano de aula do primeiro encontro.....	186
Quadro 7 – Plano de aula do segundo encontro. ....	189
Quadro 8 – Plano de aula do terceiro encontro. ....	191
Quadro 9 – Plano de aula do quarto encontro. ....	193
Quadro 10 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 01. ....	226
Quadro 11 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 02. ....	227
Quadro 12 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 03. ....	228
Quadro 13 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 04. ....	229
Quadro 14 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 05. ....	231
Quadro 15 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 06. ....	232
Quadro 16 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 07. ....	233
Quadro 17 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 08. ....	234
Quadro 18 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 09. ....	236
Quadro 19 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 10. ....	238
Quadro 20 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 11.....	238
Quadro 21 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 12. ....	240
Quadro 22 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 13. ....	241
Quadro 23 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 14. ....	243
Quadro 24 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 15.....	244
Quadro 25 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 16. ....	245
Quadro 26 – Resolução com o comparativo de rendimento entre duas lâmpadas. ....	247
Quadro 27 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 17. ....	247
Quadro 28 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 18. ....	248
Quadro 29 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 19.....	250
Quadro 30 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 20.....	251
Quadro 31 – Matriz de Referência do conteúdo de Física. ....	253

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAP	Conceitual, Atitudinal e Procedimental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COPESE	Comissão de Processos Seletivos do IF Sudeste MG
EC	Ensino de Ciências
$E_C$	Energia cinética – o mesmo que $K$ .
$E_D$	Energia dissipada
EF	Ensino Fundamental
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EM	Ensino Médio
$E_M$	Energia mecânica
$E_{Mf}$	Energia mecânica final
$E_{Mi}$	Energia mecânica inicial
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
$E_{PG}$	Energia potencial gravitacional – o mesmo que $U_{PG}$
$E_{Pel}$	Energia potencial elástica – o mesmo que $U_{el}$
$g$	Aceleração da gravidade
IF	Instituto Federal
IFs	Plural de IF
IF Sudeste MG	Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
$K$	Energia cinética
$K_f$	Energia cinética final
$K_i$	Energia cinética inicial
Lapef	Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física
LC	Letramento Científico
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
$m$	Massa de um corpo
MEC	Ministério da Educação
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MRUV	Movimento retilíneo uniformemente variado
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PPP	Projeto Político-Pedagógico

PSSC	<i>Physical Science Study CommitteeLima</i>
Q	Questão
SD	Sequência didática
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
$U$	Energia potencial
$U_G$	Energia potencial gravitacional
$U_{el}$	Energia potencial elástica
$v$	Velocidade de um corpo
Z ou z	Altura em relação ao solo
$\Delta$	Indica a variação de uma grandeza – neste trabalho aparece sempre seguido por um outro símbolo.
$\nabla$	Operador nabla
$\tau$	Trabalho de uma força
$\tau_{Fel}$	Trabalho força elástica
$\tau_P$	Trabalho da força peso

## SUMÁRIO

Introdução.....	20
1. Experimentação .....	25
1.1 Graus de liberdade.....	31
1.2 Tipos de experimentação.....	33
2. Avaliação .....	41
2.1 Instrumentos de controle no sistema de ensino .....	44
2.2 Mecanismos para avaliação da aprendizagem: como avaliar?.....	46
2.3 Uma nota, um veredito? .....	49
2.4 Tipos de avaliação: diagnóstica, formativa e somativa.....	52
3. Trabalho e Energia.....	66
3.1 Trabalho de uma força.....	69
3.2 Energia .....	93
4. Desenvolvimento do trabalho e metodologia .....	110
4.1 O trabalho .....	111
4.2 <i>Plickers</i> .....	115
4.3 Estrutura Básica da Sequência Didática: o produto educacional .....	117
5. Resultados e discussões .....	121
5.1 Apresentação e discussão da Sequência Didática desenvolvida .....	121
5.2 Análise das respostas dos estudantes às questões utilizando o aplicativo <i>Plickers</i> .....	137
Considerações finais.....	159
Referências .....	162
APÊNDICE 1 – Dissertações do MNPEF.....	173
APÊNDICE 2 – Produto Educacional.....	177
ANEXO A – Conteúdo programático do IF Sudeste .....	253

## INTRODUÇÃO

Um das situações mais comuns com que me deparo<sup>1</sup> nas salas de aulas é ser questionado pelos estudantes sobre os motivos de aprender aquilo que estou ensinando. Consideramos o questionamento pertinente e legítimo, pois a aprendizagem dos conceitos de Ciências deve propiciar sentido aos estudantes. Paradoxalmente, percebemos que eles demonstram alguma resistência quando nos propomos a fazer algo diferente daquilo que vivenciaram ao longo da vida escolar até aquele momento, já que estão habituados aos moldes da educação bancária<sup>2</sup>.

Santos (2007) afirma que, de maneira geral, o Ensino de Ciências (EC) nas escolas brasileiras é descontextualizado, pois tem foco na “resolução ritualística de exercícios e problemas escolares que não requerem compreensão conceitual mais ampla” (SANTOS, 2007, p. 486). Essa descontextualização é percebida nos problemas que apresentam situações descoladas da realidade e exercícios nos quais basta essencialmente que os estudantes identifiquem as grandezas envolvidas e substituam seus valores em uma fórmula, o que chamamos de arte e efetue; entendemos que esse tipo de atividade não contribui para desenvolver um nível elevado na taxonomia de Bloom (GEPEC, 2018).

Durante o encontro da Associação Americana de Psicologia de 1948, tornou-se patente a vontade de que um quadro teórico capaz de estabelecer uma conexão entre os envolvidos num processo avaliativo fosse desenvolvido. Fruto disso através de Bloom e seus colaboradores foi a produção de um sistema de classificação – taxonomia<sup>3</sup> – que elencava os objetivos pedagógicos tomando-os como “(...) ponto de partida e base para o planejamento educacional” (TREVISAN; AMARAL, 2016, p. 453). Para identificar como alcançar a aprendizagem, Bloom estabeleceu níveis hierárquicos (GEPEC, 2018) que os alunos devem passar. A partir de uma série de habilidades e processos envolvidos nas atividades educacionais, Bloom aplica esse conceito na educação promovendo uma classificação dos domínios da aprendizagem. Essa categorização traz a ideia de que após uma atividade escolar os alunos adquiriram novos

---

<sup>1</sup> O emprego da 1ª pessoa do singular ou do plural na escrita do texto indicam, ora o posicionamento pessoal adotado, ora a coerência com o processo coletivo de pesquisa e produção acadêmica.

<sup>2</sup> Paulo Freire conceitua a educação bancária “(...) como imposição do conhecimento realizada pelo professor sobre o aluno na medida em que o professor já os havia adquirido e dispõe destes sendo assim possível sua ação de depósito deste conhecimento nos alunos. (...) Tratar-se-ia de uma atitude autoritária e opressiva sobre alunos que se encontrariam passivos e apenas receptivos dos conteúdos e informações que o professor neles depositaria. Este modelo tende a apresentar o professor como alguém que exerce um papel arbitrário sobre o grupo de alunos, os quais estão inteiramente inertes” (LINS, 2011, p. 2).

<sup>3</sup> A taxonomia é a parte da Ciência que se dedica à classificação e suas técnicas; bem como seu arranjo metódico e organizado em categorias (HOUAISS; VILLAR, 2009).

conhecimentos e novas habilidades, alcançando o objetivo principal do processo de ensino e aprendizagem (KRATHWOHL, 2002). Fuller *et al* (2007) trazem que, embora diversas revisões na taxonomia de Bloom tenham sido propostas, a versão original ainda é a mais utilizada, mesmo com o trabalho de Krathwohl (2002) sendo apontado por alguns como “uma das melhores propostas de revisão da Taxonomia de Bloom” (GALHARDI; AZEVEDO, 2013, p. 239).

Opondo-nos a essa concepção de EC, defendemos a perspectiva do Letramento Científico<sup>4</sup> (LC) da forma elaborada por Santos (2007). Segundo o autor, esse termo diz respeito a “(...) enfatizar a função social da educação científica” (SANTOS, 2007, p. 479). Ele destaca a importância do LC dizendo que

(...) muitos conteúdos científicos com valor cultural, quando contextualizados, passam a ter significado para os alunos. Ocorre que a forma descontextualizada como o ensino de Ciências é praticado nas escolas faz com que muitos dos conceitos científicos se transformem em palavreados tomados como meros ornamentos culturais repetidos pelos alunos sem qualquer significação cultural (SANTOS, 2007, p. 481).

A ideia é possibilitar aos estudantes a compreensão da linguagem da Ciência para que sejam capazes de ampliar o universo de conhecimento sobre o mundo de forma consciente. Essa perspectiva de Ensino de Ciências corrobora com o posicionamento de Moreira (2014), que sinaliza no sentido de romper com a educação de tradição bancária, pois o LC “(...) implica mudanças não só de conteúdos programáticos como também de processos metodológicos e de avaliação” (SANTOS, 2007, p. 487). Moreira (2014) afirma que

O ensino hoje deve ser centrado no aluno, com participação ativa do aluno e do professor como mediador. Isso não significa minimizar o papel do professor. Ao contrário, o professor é muito mais importante como mediador, como facilitador, da aprendizagem do aluno do que como repetidor (MOREIRA, 2014, p. 1).

O LC não consiste em memorizar equações e suas variáveis, mas em compreender a importância da Ciência no cotidiano e buscar fazer uma leitura crítica dos conceitos e fenômenos no seu dia a dia, vislumbrando suas implicações em sua vida e na sociedade. Por

---

<sup>4</sup> No campo do Ensino de Ciências/Ensino de Física, além do termo Letramento Científico, encontramos a expressão Alfabetização Científica (AC). Tais expressões abarcam diferentes conceitos, os quais variaram com o passar do tempo (FERREIRA; GALIETA, 2014; ROSA; MARTINS, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2011).

exemplo, a lei da condução térmica de Fourier<sup>5</sup> é estudada no Ensino Médio (EM); um estudante letrado cientificamente seria aquele que, conhecendo a lei de condução térmica e compreendendo o sentido físico do conceito de condutividade térmica, conseguiria escolher entre uma caneca de cerâmica ou de alumínio aquela que seria mais adequada para manter uma bebida gelada por mais tempo; essa compreensão poderia ser extrapolada e o estudante poderia ser capaz de entender que o mesmo princípio está associado aos gases responsáveis pelo efeito estufa, o que poderia trazer uma conscientização à pessoa sobre seu papel na sociedade. Assim, o LC poderia responder aos questionamentos dos estudantes que citamos no início deste trabalho, pois “(...) muitos conteúdos científicos com valor cultural, quando contextualizados, passam a ter significado para os alunos” (SANTOS, 2007, p. 481), deixando de ser meros “palavreados” ou “ornamentos culturais”.

No mesmo sentido, o LC seria capaz de desenvolver em nossos estudantes novas visões de mundo, preparando-os “(...) para uma participação ativa na sociedade (...). No caso da aprendizagem de Física, isto significa, sobretudo, a aquisição pelos alunos de novas práticas e linguagem, sem deixar de relacioná-las com as linguagens e práticas do cotidiano” (CARVALHO, 2010, p. 57).

Santos (2007) destaca que algumas matrizes curriculares são voltadas à preparação dos estudantes para realizar exames vestibulares específicos. Em outras palavras, podemos exemplificar que se as universidades não possuírem o mesmo conteúdo cobrado em seus exames de seleção, um estudante da terceira série da cidade do Rio de Janeiro não veria o mesmo conteúdo que um da mesma série em Juiz de Fora, pois este tem foco no Programa de Ingresso Seletivo Misto (PISM), enquanto aquele no vestibular da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Nesse sentido, no que diz respeito aos exames, Luckesi (2000) traz colocações antipodais entre eles e as avaliações:

A avaliação da aprendizagem, por ser avaliação, é amorosa, inclusiva, dinâmica e construtiva, diversa dos exames, que não são amorosos, são excludentes, não são construtivos, mas classificatórios. A avaliação inclui, traz para dentro; os exames selecionam, excluem, marginalizam (LUCKESI, 2000, p. 6).

---

<sup>5</sup> Em um regime estacionário, esta equação descreve o fluxo de energia térmica transferida por um processo de propagação de calor que ocorre em um material homogêneo. Ela é expressa por

$$\Phi = \frac{K \cdot A \cdot (\theta_q - \theta_f)}{e},$$

onde  $\Phi$  é a quantidade de energia térmica que atravessa a superfície por intervalo de tempo,  $A$  descreve a área da superfície,  $\theta_q$  a temperatura quente,  $\theta_f$  a temperatura fria,  $e$  a espessura do material e  $K$  o coeficiente de condutibilidade térmica, que é elevado nos metais e baixo nos isolantes térmicos (NUSSENZVEIG, 2002).

Acerca das avaliações, elas podem ser classificadas como diagnóstica, formativa e somativa. Elas se dão em momentos distintos. A formativa, que foi o tema deste trabalho, se dá de modo contínuo e tem função de acompanhamento durante o processo de ensino, servindo como mecanismo para o professor monitorar a aprendizagem, fornecendo subsídios para que ele seja capaz de interferir e auxiliar os estudantes a sobrelevarem seus obstáculos, englobando-os e não excluindo-os do processo de ensino.

Em levantamento realizado no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)<sup>6</sup>, utilizando o termo de busca “Avaliação Formativa” e filtrando por programas de “Ensino de Física”, localizamos apenas os trabalhos de Lopes (2015) Dantas (2017) que versam sobre a temática no âmbito do Ensino de Física.

Considerando a perspectiva do LC aqui defendida, tivemos como objetivo geral **investigar a aprendizagem conceitual do conteúdo energia mecânica, em um processo de avaliação formativa, pelos discentes do 9º ano do Ensino Fundamental**. Esta SD vislumbrou a dimensão conceitual dos fenômenos físicos envolvidos, bem como a sua necessária contextualização.

Como objetivos específicos, tivemos:

- Elaborar uma SD sobre os conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica;
- Implementar uma SD sobre os conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica;
- Identificar as dificuldades, insuficiências e potencialidades na aprendizagem dos conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica;
- Apontar “alternativas terapêuticas” de ensino dos conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica.

Esta SD utilizou aparatos experimentais materiais adaptados de produtos de dissertações já defendidas no MNPEF, juntamente com um experimento virtual no processo de ensino. Utilizamos o aplicativo *Plickers*, na perspectiva da avaliação formativa, com questões oriundas de diferentes materiais didáticos. Deste trabalho, geramos como produto educacional

---

<sup>6</sup> Disponível no sítio eletrônico da CAPES (2016) – *link* disponível nas referências.

uma SD sobre trabalho de uma força e conservação da energia mecânica, contemplando as atividades avaliativas de caráter formativo utilizando o aplicativo *Plickers*.

Para tanto, essa dissertação está organizada nesta introdução, seguida do capítulo 1, onde é apresentada o aporte teórico sobre experimentação. O capítulo 2 trata da discussão teórica sobre avaliação formativa. O capítulo 3 apresenta a discussão sobre o tema energia mecânica. O capítulo 4 discorre sobre a realização do trabalho, o contexto da pesquisa, sua realização, metodologia e como o aplicativo *Plickers* foi usado sob a perspectiva da avaliação formativa. O capítulo 5 apresenta o relato da utilização da SD e a análise do *corpus* de pesquisa. Finalmente, no capítulo seguinte, as considerações finais são apresentadas.

## 1. EXPERIMENTAÇÃO

Neste capítulo discorreremos sobre aspectos relativos a experimento e seu equivalente experimentação. Dessa forma, para indicarmos qual a compreensão sobre os termos, utilizamos o trabalho de Lima e Teixeira (2011). Os autores discutem o significado, aplicação e evolução histórica dessas expressões em trabalhos publicados sobre o Ensino de Ciências em cinco periódicos nacionais avaliados com conceito Qualis<sup>7</sup> entre A1 e B2 pela CAPES no período de 1997 a 2010.

Naquilo que se refere às justificativas para realização de atividades práticas em sala de aula, os autores nos trazem que, dentre os trabalhos que analisaram, há divergência de concepção a respeito do que é experimento e experimentação. Nisso, eles mencionam que outros pesquisadores – que se propuseram a discutir sobre o uso dessas expressões – notaram que seus conceitos aparecem muitas vezes de forma descaracterizada. Posto isso, Lima e Teixeira (2011) sintetizam que: “(...) a experimentação no ensino das Ciências busca explorar algo já conhecido na comunidade científica, mas desconhecido a um grupo de estudantes” (LIMA; TEIXEIRA, 2011, p. 2). Nesse sentido, as atividades práticas para o Ensino de Ciências da Natureza buscam criar casos, acontecimentos e circunstâncias que permitam aos estudantes debater, contestar e tratar ideias e conhecimentos que, muitas vezes, são inéditos para eles, mas já existentes para as Ciências (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004).

Embora compreendamos que o processo de aprendizagem seja diferente para cada indivíduo, isso é, como cada ser é único, as pessoas podem aprender de diferentes maneiras, uma vez que vários fatores que os cercam também os influenciam nesse processo de aprendizagem de modo a torná-lo significativo (TAHA *et al.*, 2016) na construção do conhecimento (FREIRE, 1970), entendemos também que apesar das individualidades de cada ser, a experimentação possui um papel importante como recurso pedagógico podendo ser de grande valia no processo de ensino e aprendizagem. Pois, como a Ciência se propõe a interpretar o mundo, como lembram Taha *et al* (2016), a experimentação, então, passa a exercer um papel importante, como facilitador da compreensão das mudanças e eventos que ocorrem à nossa volta. Desse modo, conforme Lima e Teixeira (2011), entendemos que o Ensino de Ciências com a presença de experimentações pode ampliar a construção do conhecimento científico

---

<sup>7</sup> O Qualis é um sistema de avaliação coordenado pela CAPES com a finalidade de classificar os veículos de publicações acadêmicas de programas de mestrado e doutorado. A classificação, do maior grau para o menor, é: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C.

pelos estudantes, justamente por permitir a estes a construção ou reconstrução daquele conhecimento através de suas experiências pessoais.

Embora Aristóteles, há cerca de 2.300 anos, julgasse haver “(...) mais saber e conhecimento na arte do que na experiência” (ARISTÓTELES, 1984, p. 12) e considerasse “(...) os homens de arte mais sábios que os empíricos, (...) porque (...) os empíricos sabem o ‘quê’, mas não o ‘porquê’; ao passo que os outros sabem o ‘porquê’ e a causa” (ARISTÓTELES, 1984, p. 12), isso não significava que o filósofo descartava a importância da experimentação para o entendimento do universo e do mundo à nossa volta. Pois, para ele, aquele que possuir “(...) a noção sem a experiência (...) enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (ARISTÓTELES, 1984, p. 12). Russel (1994) nos explica isso dizendo que Aristóteles (1984) pensava que para ser possível atingir um conhecimento pleno, era essencial ao ser humano passar pela prática; complementar a essa explicação, temos a nota de rodapé de Joaquim de Carvalho, acrescentada à publicação em português da obra do filósofo da antiguidade, dizendo que “conhecer pela causa é conhecer pelo geral, isto é, pelo conceito e pela essência; assim, o médico, conhecendo a essência da doença e do medicamento, conhece a relação causal deste para aquela, e portanto a causa do restabelecimento da saúde” (ARISTÓTELES, 1984, p. 12).

Embora reconheçamos que a experimentação seja um recurso relevante, em alguns casos ele pode ter um caráter excludente. Um desses casos é no que diz respeito à carência de materiais para utilizar este método quando trabalhamos junto a pessoas com deficiência<sup>8</sup>:

(...) não há propostas explícitas de atividades experimentais para cegos, por exemplo. Aliás, a experimentação para cegos é um problema digno de mais atenção da comunidade de pesquisadores envolvidos com a temática abordada neste trabalho. (GONÇALVES, 2009, p. 206)

Essa não é a única forma da exclusão ocorrer. Outra maneira é naquilo que o próprio material se propõe. Taha *et al* (2016) destaca que alguns dos *kits* para a realização de atividades práticas em sala de aula possuem o objetivo fundamental de descobrir novos cientistas, considerando apenas aqueles que supostamente possuem aptidão ou afinidade com as Ciências Naturais. A introdução desses *kits* didáticos nas salas de aula do Brasil, como Carvalho (2010) nos lembra, se deu na segunda metade do século XX, por volta dos anos 60 e 70, o *Physical Science Study Committee* (PSSC) foi importado e traduzido para o português e, juntamente com

---

<sup>8</sup> A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito das Pessoas com Deficiência define que o termo correto a ser utilizado é Pessoa com Deficiência (PcD), “pois ele esclarece que há algum tipo de deficiência sem que isso inferiorize quem a tem” (TALENTO INCLUIR).

ele, foi criado também o Projeto de Ensino de Física (PEF). A autora nos conta ainda que esses dois projetos trouxeram uma mudança na concepção de como desenvolver as atividades para o Ensino de Física e que esses programas propunham ter o desenvolvimento de problemas experimentais, em que as aulas práticas seriam momentos de investigação. Esses fatores foram alguns dos quais geraram críticas a essas propostas no final do século XX, pois dessa forma

(...) o ensino era proposto para aqueles com facilidade para as Ciências, visando formar cientistas. Enquanto achávamos um único “jovem cientista”, deixávamos milhares de estudantes de lado, sem que entendessem nada de Ciências, e, principalmente, detestando Física. Este fato não era só um problema brasileiro, mas mundial, com impacto social muito grande em um mundo cada vez mais influenciado pelas Ciências e suas Tecnologias. Ensinar Ciências para todos passou a ser um objetivo da sociedade contemporânea (CARVALHO, 2010, p. 56).

Consonante a isso, outros autores ainda lembram que “o simples contato dos alunos com atividades experimentais não garante necessariamente o envolvimento com a cultura científica” (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 76). Apesar dessas ponderações, concordamos com Taha *et al* (2016) quando dizem que através da experimentação as oportunidades de aprendizagem se intensificam, pois os estudantes têm possibilidades de explorar os fenômenos.

Nisso, acrescentamos ainda a fala de Lima e Teixeira (2011) quando destacam que “(...) a importância do experimento no ensino das Ciências se estabelece quando este consegue construir novas experiências distintas em cada sujeito que participa de uma mesma situação investigativa e problematizadora” (LIMA; TEIXEIRA, 2011, p. 1).

Entendemos, inclusive, que movimentos hostis à racionalidade científica, como o terraplanismo, a ideia dos antigos astronautas, o movimento antivacina e vários outros do mesmo cunho encontram alicerces também em algumas falhas do recurso pedagógico adotado; dentre elas destacamos que em alguns momentos ao invés do processo de ensino e aprendizagem ser inclusivo, trazendo os estudantes para o mundo da Ciência, possibilitando-os a compreenderem sua construção e sua linguagem, os afastam.

Posto isso, consonante a Russel (1994), destacamos que a experimentação tem um papel importante no Ensino de Ciências e que quanto maior for a integração entre teoria e prática, isto é, quanto mais presentes as experimentações estiverem nas aulas, mais significativa poderá ser a aprendizagem. Nisso, entendemos que as práticas experimentais não precisam ter como objetivo buscar novos cientistas, como dissemos anteriormente a respeito de antigos métodos; todavia, elas se mostram como um agente importante por propiciarem o “(...) desenvolvimento do espírito científico e da visão de uma totalidade integrada que o ensino tradicional não é capaz de propiciar” (BIANCHI; MELO, 2015, p. 11). Entretanto, muitos

professores indicam que um dos problemas para o Ensino de Ciências é a ausência de aulas de laboratório, como apontado por Borges (2002):

Os professores de Ciências, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre às quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção (BORGES, 2002, p. 294).

Outros pontos levantados Borges (2002) são o alto custo atrelado à construção de um laboratório e manutenção de alguns equipamentos. Nesse sentido, o autor ainda cita que

(...) o uso de equipamentos só encontrados nos laboratórios torna o ensino distante da experiência fora de sala de aula do aluno e que a própria complexidade das montagens constitui uma forte barreira para que o estudante compreenda as idéias e conceitos envolvidos nas atividades práticas (BORGES, 2002, p. 296).

Entendemos que parte dessa crítica do autor levanta a questão de que constantemente a escola apresenta um papel descolado de contextos tecnológicos da atualidade. Além disso, ele cita que alguns autores mostram as “(...) evidências de pesquisas sugerindo que o uso de computadores como ferramentas de laboratório oferece novas maneiras para ajudar os estudantes na construção de conceitos físicos” (BORGES, 2002, p. 310). Neste contexto, apresentamos brevemente a seguir uma discussão sobre as experimentações virtuais.

Habitualmente, vemos a utilização do termo “aparato experimental real” para designar o objeto de aprendizagem cuja manipulação se dá de maneira tangível na experimentação. Neste trabalho, em substituição a ele, adotamos a expressão “aparato experimental material” em consonância com Hohenfeld (2013) e Porto, Amantes (2020).

Medeiros e Medeiros (2002) apontam que ao longo do século XX “(...) várias ondas tecnológicas inovadoras têm assolado a Educação com promessas e perspectivas mirabolantes” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 77). Ora fora o cinema, ora o rádio, ora a televisão, o vídeo cassete e outras. No entanto, segundo estes autores, o que se observou no âmbito da educação no que se refere ao uso das muitas inovações tecnológicas foram sucessivos insucessos cujas causas teriam origem no despreparo dos professores, passando por questões estruturais das escolas, ao “(...) aparecimento de uma nova e promissora tecnologia fazendo com que o ciclo recomeçasse com novas e renovadas expectativas” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 78), entre outras.

Por mais que se fique fascinado com os avanços e as possibilidades da Informática Educacional, é conveniente lembrarmos que os seus desdobramentos fazem parte do mesmo ciclo de Tecnologias da Educação (...). Por isso, é preciso analisarem-se, criticamente, os seus horizontes (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 78).

Os aparatos experimentais virtuais são recursos cujo suporte se dá nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Segundo Borges (2002), os computadores não teriam o mero papel de mostrar animações e fazer gráficos, mas também de executar simulações. Uma “(...) simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este matematizado e processado pelo computador para fornecer animações de uma realidade virtual” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 78)<sup>9</sup>. Consciente disso, cabe ao professor o cuidado no planejamento e execução de uma atividade que se utiliza de uma simulação. Este cuidado objetiva que os estudantes compreendam os conceitos físicos envolvidos e o fenômeno abordado dentro de um contexto de validade do modelo no qual se baseia o simulador. Isso indica a necessidade de certa cautela quando analisamos as possibilidades do uso de recursos tecnológicos.

Nesse sentido, Ferreira *et al* (2020) apontam uma série de trabalhos, alguns desenvolvidos no MNPEF, que envolvem simulações e jogos para dispositivos móveis, como *Angry Birds Space*, *Supercharged!*, *Powerstar Golf* e outros. Os autores afirmam que

(...) simulações, jogos, vídeos e imagens encontradas na internet podem, por exemplo, envolver representações e modelos que contenham elementos inacessíveis cognitivamente em primeira instância (exemplo disso é a dificuldade típica que os estudantes têm de imaginar o efeito de um raio de luz – ou um conjunto deles – na formação de uma imagem, vendo-a ou não) (FERREIRA *et al.*, 2020, p. 2).

Dentre as possibilidades dos aparatos experimentais virtuais destacamos o controle do tempo na prática experimental. Isso porque alguns fenômenos físicos são extremamente rápidos ou demasiadamente lentos para serem observados em sala de aula. Assim, como Borges (2002) destaca, o uso das TIC pode otimizar o tempo da aula e torná-la mais proveitosa, visto que algumas coletas de dados nos laboratórios virtuais podem ser feitas de maneira mais rápida que na experimentação material e inclusive de forma automática, possibilitando ao estudante dedicar “(...) mais tempo para o controle de outras partes do processo, como o planejamento da atividade, a seleção do que medir, execução da investigação e interpretação e avaliação dos resultados” (BORGES, 2002, p. 309). A despeito do que muitos possam pensar, que o manuseio

---

<sup>9</sup> Outros trabalhos, como Paula (2017), também trazem uma discussão frutífera acerca do dos laboratório virtuais.

de equipamentos materiais seja essencial em uma aula experimental, Borges (2002) traz que, em geral,

(...) o manuseio dos objetos e equipamentos e a coleta de dados passam a ser vistos, por professores e alunos, como as atividades mais importantes. Sobra muito pouco tempo e esforço para refletir, discutir e tentar ajudar os alunos a compreender o significado e implicações das observações que fizeram e os resultados que obtiveram (BORGES, 2002, p. 310).

Outra potencialidade a ser destacada é a experimentação no estudo de fenômenos físicos que envolvem ordens de grandezas agudamente ínfimas ou – literalmente – astronômicas, o que tornar-se-ia impraticável a sua observação em tempo real (VIDAL; MENEZES, 2019).

Um terceiro aspecto que observamos é a segurança dos estudantes, no que tange à sua proteção e integridade Física, pois a experimentação virtual “(...) é praticamente isenta de acidentes e imprevistos que causem dano ou prejuízo ao equipamento ou ao aluno” (VIDAL; MENEZES, 2019, p. 57). Em seu trabalho, Vidal e Menezes (2019) comparam os comportamentos dos estudantes durante a execução de uma atividade experimental material e uma virtual. Os autores relatam que perceberam certa insegurança nos estudantes ao manusearem os equipamentos reais, algo que não foi notado na atividade virtual. Eles explicam que esse sentimento de insegurança e medo da experimentação material acontece

(...) porque, por mais que as simulações busquem uma demonstração mais próxima à realidade, temos um sentimento intrínseco que nos diz se tratar apenas de um software. Assim, temos a confiança de que aquele objeto é virtual e que não sairá desse campo. Logo, o sentimento de segurança e proteção é grande, o que nos permite ousar sem medo de sofrer algum dano ou prejuízo (VIDAL; MENEZES, 2019, p. 57).

Nesse sentido, entendemos que caso haja a possibilidade de o professor realizar uma ou outra forma de experimentação, ele deve levar em conta o perfil da turma e o seu comportamento. Isto é, de fato uma turma que é muito inquieta pode oferecer dificuldades para a execução dos experimentos. Assim, torna-se presente a importância de selecionar experimentos que resguardem a segurança de todo o grupo.

Encerrando esta seção, retomamos a questão de que os aparatos experimentais virtuais carregam consigo simplificações inerentes aos modelos nos quais eles se apoiam. Como consequência, os experimentos tornam-se hermeticamente fechados a uma gama de resultados previsíveis, uma vez que há um controle de quais são as variáveis que podem ser inseridas, retiradas ou ter seus valores alterados. Controle este que não temos em um experimento material pois, “por se tratarem de situações concretas, o resultado de alguma operação indevida pode ter

consequências que extrapolam o controle do experimentador” (VIDAL; MENEZES, 2019, p. 57), inclusive dar errado e obtermos um resultado não esperado – como numa experimentação sobre aceleração da gravidade, encontrarmos um valor igual à da Lua ou de Júpiter. Todavia, essa quebra de expectativa é salutar à construção do conhecimento, especialmente por entenderem que imprevistos acontecem também quando se faz Ciência. Quando isso ocorre, entendemos que essa possa ser uma oportunidade de aprendizado e de discussão mais crítica do que é Ciência e como ela é feita, algo pouco provável de se conseguir através de uma simulação computacional.

### 1.1 GRAUS DE LIBERDADE

Pella (1969 *apud* CARVALHO, 2010) aponta como grau de liberdade as possíveis escalas de independência intelectual que os estudantes possuem na execução de um experimento. O autor identificou 5 níveis ao pesquisar aulas de laboratório de Ciências (Física, Química e Biologia) do Ensino Médio e as propostas trazidas pelos materiais didáticos e professores:

- **Grau I:** o estudante participa apenas na coleta de dados.

Carvalho (2010) compara essa dinâmica a uma receita de cozinha, em que “o problema, as hipóteses, o plano de trabalho e as próprias conclusões sobre os dados a ser obtidos” (CARVALHO, 2010, p. 54) já estão prontos, isso é, tudo já está arrumado e rematado no material. A autora ainda aponta que essas práticas são bem corriqueiras, podendo ser comumente encontradas nas escolas e manuais de laboratórios hoje em dia. Comumente nos deparamos com esse tipo de atividade nos finais dos livros ou finais de capítulos, onde elas aparecem como “(...) protocolos prontos para realização dessa atividade” (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 73) a fim de comprovar o conteúdo lecionado.

- **Grau II:** os estudantes executam a coleta de dados e têm autonomia nas conclusões a partir delas.

Carvalho (2010) destaca que, embora possa parecer trivial e óbvio que os estudantes colem os dados, essa não é uma prática tão recorrente assim. Isso demanda uma reestruturação em como o tema é proposto. A autora critica problemas modelados como “prove que...” por entender que eles abarcam uma conclusão rígida e fechada. Assim, ela sugere que ao invés de se apresentar, por exemplo, uma questão pedindo para que se “‘Prove que a aceleração da gravidade é  $9,8 \text{ m/s}^2$ ’, o problema a ser composto seria ‘Qual aceleração você consegue medir? E por quê?’” (CARVALHO, 2010, p. 55). A autora indica que essa alteração, mesmo que

modesta, já traz significativa mudanças nas aulas, principalmente em termos de objetivos comportamentais a ser alcançados.

- **Grau III:** o próprio estudante, ou sua equipe – para o caso de atividades em conjunto – quem propõe o que será feito, elaborando o projeto de tarefa para obtenção de dados que os guiarão às conclusões, não sendo mais isso papel do professor ou de um manual trazendo essas instruções.

Nesse sentido, apesar das críticas que a autora tece a respeito do PSSC – e que relatamos no início do capítulo –, ela o menciona dizendo que o programa explorava bem a passagem do Grau II para o Grau III. Ela nos conta que em cada capítulo desse material encontramos problemas experimentais de Grau II seguidos por outros, muito parecidos, mas que os classificariam como sendo de Grau III.

- **Grau IV:** o estudante adquire quase que uma autonomia total na execução do experimento. Eles são os responsáveis por todo o trabalho intelectual e operacional, competindo ao professor apenas propor o problema.

Entendemos que o Ensino por Investigação se enquadra neste grau de liberdade, pois é o educador quem traz a pergunta problematizadora, mas todo o resto é desenvolvido pelos estudantes.

- **Grau V:** nessa escala, os estudantes atingem a liberdade plena nas atividades experimentais. Este grau é o nível mais alto de independência, nele até mesmo o problema é proposto pelo estudante.

Abaixo apresentamos o quadro que Carvalho (2018) traz mostrando os graus de liberdade que estudantes – representados pela letra E – e professores – indicados pela letra P – possuem em cada etapa de execução de uma atividade experimental.

Quadro 1 – Graus de liberdade entre educador/educando em aulas de laboratório.

	<b>Grau I</b>	<b>Grau II</b>	<b>Grau III</b>	<b>Grau IV</b>	<b>Grau V</b>
<i>Problema</i>	P	P	P	P	E
<i>Hipóteses</i>	P	P/E	P/E	E	E
<i>Plano de trabalho</i>	P	P/E	E/P	E	E
<i>Obtenção de dados</i>	E	E	E	E	E
<i>Conclusões</i>	P	E/P/Classe	E/P/Classe	E/P/Classe	E/P/Classe

Fonte: Carvalho (2018, p. 768).

A autora ainda aponta que tanto o grau IV quanto o grau V elevam o aprendizado dos estudantes caracterizando-os como jovens cientistas. Aqui, precisamos dizer que não há contradição quando a autora se refere a esses dois últimos graus de liberdade de forma elogiosa e suas discordâncias levantadas, que trouxemos no início do capítulo, sobre uma metodologia

de ensino que se propunha a procurar novos cientistas. Sua crítica é que o material tinha um caráter excludente por propiciar o ensino e a aprendizagem apenas para aqueles estudantes que tivessem afinidade, facilidade e desenvoltura para as Ciências e não pela autonomia que esses graus de liberdade dão aos estudantes.

Ademais, Carvalho (2010) ainda nos traz que, no seu entendimento, alguns materiais didáticos trazem uma proposta de experimentação em que o estudante teria uma autonomia tão baixa, que a autora a considera abaixo do grau I, sugerindo uma classificação de grau zero. Pois nem mesmo as hipóteses são trazidas pelo material. Embora isso possa soar de maneira interessante, por parecer que são os estudantes que formulem as teorias e as hipóteses, não é com esse viés que tais *kits* operam. Ela explica que esses *kits* trazem uma proposta teórica do experimento e logo passam para o plano de execução do trabalho que os educandos devem executar. Embora possa parecer que os estudantes participam ativamente da prática, a autora nos traz que a ideia presente em materiais desse tipo é de se provar que uma determinada teoria está correta, trazendo as condições da prática já dadas. Carvalho (2010) aponta que nessa prática os educandos apenas “cozinham” os dados, o que eles realmente aprendem em anos desse tipo de aula de laboratório, mesmo que as atividades possam parecer que faça algum sentido para os estudantes, é a divisão e delegação de tarefas entre os membros do grupo, bem como também executar o trabalho proposto, que seguindo o roteiro dado, seria como “cozinhar” os dados para com a finalidade única de alcançar os resultados esperados e tirar boas notas. E nisso, notamos a presença da preocupação focada na nota e não no aprendizado.

## 1.2 TIPOS DE EXPERIMENTAÇÃO

Embora tenhamos adotado neste trabalho o termo experimento/experimentação, mantivemos as denominações dos seus diversos tipos com as palavras originais, em respeito aos autores.

A experimentação é um meio poderoso de se prender a atenção dos estudantes para o Ensino de Ciências (TAHA *et al.*, 2016). Mas não somente isso! Ela tem papel importante uma vez que possibilita ao professor e/ou aos estudantes recriarem problemas e situações reais que permitam a contextualização do ensino e estimule o questionamento de investigação (GUIMARÃES, 2009). Todavia, Gonçalves (2009) nos lembra que, independentemente do nível de ensino, os experimentos realizados em sala de aula possuem caráter pedagógico; nisso, acrescentamos que isso pode implicar em algumas limitações de reprodução do mundo real.

Outro aspecto que observamos é o protagonismo que o estudante pode assumir no processo pedagógico de acordo com os graus de liberdade que terá dentro do tipo de experimentação. Fachín-Terán (2013) apontam que esse destaque que os educandos passam a ter é importante para se contrapor e balançar o Ensino de Ciências que evita conflitos e discussões e de característica bancária, em que coloca o professor como detentor do saber e mero transmissor do conhecimento e a aprendizagem se dá como “(...) uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber” (FREIRE, 1970, p. 67).

Dentre as várias formas de se conduzir uma aula utilizando a experimentação como ferramenta, listamos sete tipos.

(a) Experimentação *show*: este tipo de prática reduz experimento numa mera “festa”, e a intenção é apenas em fazer algo bonito, chamativo, divertido... é oca, apenas um espetáculo em que não há uma preocupação se o estudante está aprendendo ou não. Ela não apresenta uma intencionalidade e preocupação na construção do conhecimento, ou seja, não há uma preocupação com a aprendizagem, nela temos o experimento por ele só (TAHA *et al.*, 2016).

Este é o tipo de experimentação que comumente vemos na TV, por ser, como o próprio nome sugere, um *show*, que muitas vezes poderá contar com recursos audiovisuais, aparatos chamativos, apelo estético, etc, que podem até ser úteis na finalidade de despertar o fascínio do estudante para o experimento (TAHA *et al.*, 2016), mas não passa de um espetáculo para cativar espectadores, podendo ser encarada como ferramenta motivadora (GONÇALVES, 2009), mas somente isso.

(b) Demonstração prática: em parte, ela se assemelha à experimentação *show*; são atividades executadas somente pelo professor e nelas os estudantes não podem intervir no experimento, eles apenas a observam. Todavia, permite aos educandos convívio com fenômenos, instrumentos e equipamentos novos, além, é claro, de uma maior aproximação também com fenômenos já conhecidos (CAMPOS; NIGRO, 1999).

(c) Experimentação ilustrativa: normalmente seu emprego é para comprovar e reforçar conceitos previamente discutidos em sala de aula, integrando teoria e prática, tornando produtivo esse processo de construção. Mas é importante que essa atividade não seja apenas a demonstração por ela em si para se tornar significativa (TAHA *et al.*, 2016).

Nesse sentido, ela possui a mesma finalidade da demonstração prática, contudo, nessas atividades o estudante também poderá, mas não obrigatoriamente, realizá-las (CAMPOS; NIGRO, 1999). Observamos que uma limitação desse tipo de prática é a possível associação

feita pelos educandos da Ciência a algo intocável, pois como ela serve para ilustrar um conceito, é necessário que o experimento sempre dê certo.

(d) Experimentos descritivos: este tipo de experimentação é realizado pelos estudantes, e não necessariamente são dirigidas pelo professor. O objetivo é familiarizá-los com fenômenos que precisam apurar, sejam ou não simples ou triviais ao cotidiano. Neste tipo de atividade há uma similaridade com as investigativas, entretanto, não demanda a realização de testes e hipóteses<sup>10</sup> (CAMPOS; NIGRO, 1999).

(e) Demonstração investigativa: segundo Carvalho (2014), são “demonstrações que partem da apresentação de um problema relacionado ao fenômeno a ser estudado e propõem ao aluno uma reflexão acerca desse fenômeno, proporcionando um caráter investigativo a esta atividade” (CARVALHO, 2014, p. 45). Assim, o fenômeno em si é apresentado, mostrado, mas o conceito físico que explica o fenômeno precisa ser construído logicamente (CARVALHO, 2010).

Esse recurso é utilizado quando há à disposição apenas um equipamento para a experiência, mas o professor não quer utilizá-lo nem para fazer uma experimentação *show*, nem como demonstração prática, nem como ilustrativa. A ideia é o educador investigar juntamente com os estudantes da seguinte maneira: é ele quem manuseia o aparato, material ou virtual, mas sob o comando dos estudantes. Eles quem inspecionariam e direcionariam o professor para qual ação realizar, ao passo que o educador estaria a todo momento instigando, contrapondo e ponderando com os estudantes durante a execução do experimento.

(f) Experimentação investigativa: esta atividade deve ser executada totalmente pelo próprio estudante<sup>11</sup>, o professor aparece exercendo papel de um mediador, dando independência total aos estudantes, possuindo o mesmo atributo de uma investigação científica. É o estudante quem realiza o levantamento do problema, organiza a coleta de dados, faz as interpretações e análises, ordena as hipóteses e, por fim, organiza os resultados para fazer suas próprias conclusões (TAHA *et al.*, 2016). Nesse sentido, ela se enquadraria no grau máximo de liberdade (CARVALHO, 2010), pois a resolução do problema é totalmente feita pelos estudantes:

---

<sup>10</sup> Em Ciências, hipótese é o termo usado para uma suposição ou especulação; é uma ideia, ou conjunto de ideias ou condições iniciais e provisórias para que posteriormente sejam demonstradas ou provadas.

<sup>11</sup> É preciso tomar cuidado com o termo para não o confundir com Ensino por Investigação, no qual a atividade não é realizada completamente pelo estudante, pois o levantamento do problema ou questão problematizadora, é apresentada pelo professor. “Em experimentos investigativos não existe um roteiro preparado pelo professor (...) A proposta começa com uma questão-problema e caberá aos alunos a proposição das etapas da investigação” (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 85).

(...) para que uma atividade experimental possa ser considerada de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de observação e manipulação, devendo conter características do trabalho científico, ou seja, reflexões, relatos, discussões, ponderações entre outras (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 74).

Diferentemente dos outros modelos, é imprescindível abranger o processo de produção de hipóteses, argumentação de ideias e experimentos para testá-las. Nela o estudante tem a chance de percorrer um ciclo investigativo, mas sem trabalhar nas regiões limítrofes do conhecimento, tal como os cientistas (CAMPOS; NIGRO, 1999).

A maioria dos materiais didáticos trazem os experimentos como uma forma de comprovação da teoria, apresentando-os como uma experimentação ilustrativa. Contudo, para uma mudança nesse modelo, um grupo de estudos ligados ao Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (Lapef)<sup>12</sup> apresenta uma proposta invertendo esse processo, tomando a experimentação como ponto de partida da aula (TRIVELATO; SILVA, 2011).

Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (AZEVEDO, 2004, p. 22).

Essas investigações são importantes para motivar os estudantes, contribuindo com sua curiosidade, o desejo de experimentar, a saber da importância de se duvidar de algumas informações, a contestar resultados, etc (LEWIN; LOMÁSCOLO, 1998). Mas para que esses objetivos sejam atingidos, e elas tenham um significado para o educando, a atividade também não pode ser executada tomando apenas a prática pela prática (TAHA *et al.*, 2016).

Esta prática é importante dentro do processo de educação científica, pois a investigação científica tem como objetivo a geração e justificação de novas afirmações de conhecimento da Ciência (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 77). Sendo assim, entendemos que este tipo de atividade pode ser um recurso a ser utilizado quando o educador tiver a intenção de promover aos estudantes uma compreensão e maior envolvimento com uma investigação científica, pois através desse método é possível proporcionar aos estudantes a “(...) formulação de hipóteses, elaboração de métodos para testá-las, análise de resultados, inferências e solução de um problema” (TRIVELATO; SILVA, 2011, p. 73). E não na contramão do que os próprios autores disseram e trouxemos anteriormente, entendemos que nessa perspectiva o convívio dos

---

<sup>12</sup> O Lapef é vinculado à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP) <<http://www.lapef.fe.usp.br/>>.

estudantes com as atividades experimentais no Ensino de Ciências pode contribuir para seu envolvimento com uma cultura científica por elas poderem ser um recurso de significativa importância para um processo que vise o letramento científico dos estudantes.

Todavia, para que isso ocorra, a experimentação não pode ser conduzida sem cuidados e de qualquer maneira. Assim, Carvalho (2010) aponta 5 etapas que devem estar presentes em uma sequência didática de “(...) aulas de laboratório que visam alcançar os objetivos de uma enculturação científica, em que os alunos têm um engajamento efetivo, pensando e tomando suas próprias decisões e construindo suas argumentações sobre os fenômenos estudados” (CARVALHO, 2010, p. 60). A autora ainda destaca a importância do papel do professor ser reformulada nessas etapas, em que o docente deixa de lado uma posição de transmissor do conhecimento para assumir um papel de mediador e orientador, de modo a auxiliar os estudantes na construção de novos conhecimentos. Essa atribuição do educador exposta pela autora é consonante ao apontamento feito por Delizoicov Neto (1983) a respeito da educação problematizadora de Paulo Freire, o autor a sintetizava como sendo “(...) realizada pelo professor com o aluno, e se contrapõe à educação que Paulo Freire chama de ‘educação bancária’, realizada pelo professor sobre o aluno” (DELIZOICOV NETO, 1983, p. 85, grifo do autor).

1. **Proposta do problema experimental pelo professor:** é preciso que haja clareza por parte do professor ao colocar o que objetiva com a experimentação.

Nesse sentido, caso os estudantes não compreendam o que o professor quer de fato, é necessário que o docente reexplique sua proposta. Ressaltamos que reexplicar não é refalar ou redizer: repetir a explicação não fará com que os estudantes a compreendam. É preciso que o professor reestruture a forma do que está propondo, mantendo sempre a atenção para não dar a resposta aos estudantes. Isso pode facilitar o processo de superação das concepções empírico-indutivas.

Essa reformulação poderá vir após indagações da turma ou como resposta do próprio professor frente a ações dos estudantes ou grupo de estudantes que fujam àquilo que foi proposto.

2. **A resolução do problema pelos estudantes:** o professor tem o papel de orientar a execução, mas sem dar a resposta, deixando ela a cargo dos educandos.

Para uma atividade de investigação com os estudantes trabalhando em grupo para encontrarem meios de apurar a proposta de pesquisa, a função essencial do educador é reparar o trabalho deles, se policiando para não interferir no processo, inclusive deixando-os errar, pois

o erro é importante na construção do conhecimento. Macedo (2002) aponta que quando aprendemos sem dificuldades não compreendemos com a mesma proficiência do que quando erramos. Nesse sentido, Carvalho (2010) complementa que alguns estudos na área do ensino apontam que quando os estudantes identificam o motivo que os levaram a errar, compreendem melhor o raciocínio correto. servados. Isso pode ser percebido através das apresentações das análises qualitativas e das falas dos estudantes. “Essas análises qualitativas são os primeiros passos para a introdução da linguagem matemática no Ensino de Física, como compreensão de tabelas, gráficos e equações” (CARVALHO, 2010, p. 62).

3. **Procura de uma explicação causal e/ou de sistematização:** esta etapa diz respeito a trazeremos a compreensão aos estudantes de que a Ciência, em nosso caso a Física, não é meramente descritiva, mas sobretudo propositiva.

Carvalho (2010) aponta que é mais comum que as aulas de experimentação aconteçam apenas até o passo anterior. Todavia, a autora propõe mais duas etapas – esta e a próxima.

A maior parte dos experimentos conduzem os cientistas a construírem conceitos. Nesse sentido, a experimentação também deve levar os educandos a isso. Aparecendo novos conceitos, aparecem, conseqüentemente, novas relações entre as grandezas e as variáveis envolvidas. Essa construção de conceitos é para se explicar a realidade e dar sentido a ela.

O conceito se estabelece justamente no caminho entre justificar a maneira como a experimentação foi realizada e a predição de como um fenômeno pode ser feita corretamente. Isso se dá “(...) na passagem das relações qualitativas entre as variáveis para sistematização em uma fórmula (...). Essa passagem não é fácil, e muitas vezes poderíamos chamar esta etapa de aula teórica” (CARVALHO, 2010, p. 63), formalização do conceito que é feita pelo professor.

4. **A escrita individual do relatório:** nesta etapa o estudante escreve com suas palavras as suas impressões e conclusões observadas.

A escrita representa um marco na história da humanidade devido a sua importância. Ela é fundamental para podermos nos expressar. É através dela que conseguimos manter registro das coisas. Para as Ciências sua importância não é menor.

Nesse sentido, Carvalho (2010) nos traz que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências passa pela escrita e a aponta como um dos passos no processo de enculturação científica que deve ser trabalhado na escola.

Apoiada nos estudos e trabalhos de Rivard e Straw (2000), a autora desenvolveu uma proposta para incentivar cada estudante a escrever seu próprio relatório. Ela assim o fez, pois os autores mostram as divergências entre o discurso oral e o discurso escrito; este requer um esforço cognitivo maior de quem escreve, é mais enfatizado e correlato; enquanto aquele, por

ser muito mais flexível, não demanda grande esforço dos participantes enquanto as ideias são exploradas no grupo.

Dessa forma, Carvalho (2010) aponta que nesse trabalho que desenvolveu, seus estudos indicaram o papel importante que o debate entre os educandos – raciocínio metacognitivo - e educadores tem na função de produzir, esclarecer, dividir e partilhar ideias entre os colegas, ao passo que a escrita como recurso de aprendizagem acentua e eleva a estruturação pessoal do conhecimento (OLIVEIRA; CARVALHO, 2005). Por esse ângulo, Oliveira (2009) defende que o processo de uma escrita crítica, profunda e analítica exige o comprometimento dos estudantes em aprimorar suas ideias, suas reflexões, seus pensamentos, o que colabora para a melhora do entendimento acerca do tópico estudado.

(g) Experimentação problematizadora: fundamenta-se na pedagogia problematizadora de Paulo Freire. Nela, “o professor deve suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido” (FRANCISCO JUNIOR; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 35). É chamada de problematizadora porque o educador leva o problema e, a partir dessa questão, se experimenta, se organiza e depois sistematiza o conhecimento (DELIZOICOV NETO; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Entendemos que ela permeia os graus de liberdade IV e V, dependendo de como o educador irá conduzir a aula, e que o início do processo pode se dar como no Ensino por Investigação<sup>13</sup>, pois cabe ao educador fazer a proposição; contudo, no cerne do processo, o estudante já tem que utilizar a bagagem de conhecimento científico que possui.

A atividade experimental problematizadora deve propiciar aos estudantes a possibilidade de realizar, registrar, discutir com os colegas, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações, discutir com o professor todas as etapas do experimento. Essa atividade deve ser sistematizada e rigorosa desde a sua gênese, despertando nos alunos um pensamento reflexivo, crítico, fazendo os estudantes sujeitos da própria aprendizagem. (FRANCISCO JUNIOR; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 36).

Apresentamos acima diversas maneiras de se fazer uso de atividades experimentais para o ensino de Física. Em princípio, os diversos tipos de experimentação podem se dar tanto utilizando um aparato material, quanto um aparato virtual. Cabe ao professor, em função dos seus objetivos pedagógicos, bem como de sua realidade escolar, definir qual é o tipo de experimentação e de aparato experimental mais viável a ser utilizado.

---

<sup>13</sup> Entendemos que o Ensino por Investigação se enquadra no Grau IV, pois é o educador quem traz a pergunta problematizadora.

Em nosso trabalho, organizamos uma Sequência Didática em quatro aulas utilizando nas três primeiras experimentos segundo a perspectiva da demonstração investigativa e na última uma revisão dos conteúdos lecionados.

## 2. AVALIAÇÃO

Uma grandeza, seja ela vetorial ou escalar, é algo que pode ser mensurável, e, portanto, temos um valor numérico e uma unidade atribuídos a ela. Esses critérios são suficientes caso ela seja escalar, e no caso de ser vetorial, precisamos ainda determinar sua direção e seu sentido de ação. O método mais simples de medir o valor numérico de uma grandeza é comparando o que se deseja medir com uma unidade ou padrão de medida dessa grandeza que é válido para um domínio de valores limitados (NUSSENZVEIG, 2002). Dizer que o comprimento de um carro é de 4 m significa dizer que ele tem 4 vezes o tamanho de uma distância já estipulada e padronizada, que foi chamada de metro<sup>14</sup>; dizer que a largura de uma porta é de 0,80 m, significa dizer que seu tamanho tem  $\frac{4}{5}$  (quatro quintos) desse padrão.

Então, desse modo, quando atribuímos um valor numérico ao que o estudante faz, melhor dizendo, uma nota quando ele faz uma prova, trabalho, etc., o que estamos fazendo? Estamos medindo o quanto ele aprendeu ou o quanto ele sabe? Qual é o “comprimento” da nota ou do aprendizado? Assim sendo, qual seria o padrão de referência de medida para uma nota? Observamos que para muitos professores a nota que o educando obtém em uma prova define o próprio estudante. Em outras palavras, notamos que há professores que entendem essa nota como sendo algo que caracteriza a pessoa que fez a prova. Todavia, a avaliação é voltada não para a pessoa do educando, mas sim para a aprendizagem que ele obteve; ela avalia não o estudante, mas o que ele aprendeu sobre um assunto que foi lecionado a partir de um determinado padrão que chamamos de gabarito. Isto é, se um de nossos estudantes precisa atingir uma pontuação igual ou superior a seis (6,0), isso significa dizer que a direção do colégio e o corpo docente entendem que ele conseguiu aprender sessenta por cento (60,0%) de todo o conteúdo a que foi exposto (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005). Mas isso significa que de fato ele aprendeu 60,0% do conteúdo? Este valor (de 60%) é suficiente? Faz sentido em chamarmos um processo de verificação do conhecimento de prova? O que de fato essa atividade prova? Ela evidencia que de fato o educando estudou ou deixou de estudar, ou que ele aprendeu ou deixou de aprender?

---

<sup>14</sup> Inicialmente, o primeiro padrão de medida para comprimento só apareceu no final do século XVIII, após a Revolução Francesa, e consistia na décima-milionésima parte da distância da Linha do Equador ao Polo Norte (NUSSENZVEIG, 2002). Todavia, a definição do metro sofreu alterações ao longo dos anos, de modo que essa não é mais a definição oficial. Em 1960, ele era definido “(...) com base na transição entre os níveis  $2p^{10}$  e  $5d^5$  do átomo de Criptônio 86” (BIPM, 1984, p. 98) – tradução nossa. A partir da 17ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1983, o *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM – Escritório Internacional de Pesos e Medidas) decide revogar “a definição do metro estabelecida em 1960 (...)” (BIPM, 1984, p. 98) – tradução nossa – e tomar como definição “(...) o comprimento do caminho percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de  $1/299.792.458$  de um segundo” (BIPM, 1984, p. 98) – tradução nossa.

Responder a essas perguntas, e a outras que elas desencadeiam, implica em responder como avaliar a aprendizagem com justiça. E fazer isso com justiça significa o professor olhar para aquilo que o estudante aprendeu e não para o que ele não aprendeu. Pois, para o que ele não aprendeu haverá a possibilidade e o momento de aprender. Ocasão essa que vem após o processo de avaliação. Dentre os vários levantamentos feitos na educação, essa é uma das questões que se destaca. De antemão já dizemos que não temos as respostas para essas perguntas, ao menos não para a grande maioria delas. Todavia, entendemos a suma importância que a avaliação possui no processo de ensino e aprendizagem. Por isso, este é o cerne de nosso trabalho: como a avaliação se relaciona com a aprendizagem.

Embora não possamos responder com precisão a todos esses questionamentos feitos, temos alguns parâmetros para balizarmos a resposta; essencialmente esse deve ser um processo inclusivo. Isso significa dizer que ele deve ser democrático e amoroso (LUCKESI, 2000). Nesse sentido, Silva *et al* (2017) lembram que Paulo Freire (1970) já preconizava a humanização dos processos educacionais para uma educação libertadora. Podemos, inclusive, encontrar esses valores na própria Lei de Diretrizes e Bases – LDB – (BRASIL, 1996):

Art. 1º. A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais. (...)

Art. 2º. A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

Art. 3º. O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

I – ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber iguais de condições para o acesso e permanência na escola;

II – liberdade de aprender;

III – pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas;

IV – respeito à liberdade e apreço à tolerância (BRASIL, 1996, p. 1).

Assim sendo, para obtermos o melhor resultado possível de nossos estudantes ao avaliá-los, devemos estar sempre dispostos a acolhê-los “no seu ser e no seu modo de ser, como está, para, a partir daí, decidir o que fazer” (LUCKESI, 2000, p. 6).

Dentro do processo avaliativo, Luckesi (2000) estabelece uma relação entre dois entes: o sujeito e objeto. Ela pode ser compreendida em que: (i) o **sujeito** é aquele que executa a ação de avaliar, ou seja, é o agente ativo no processo de avaliação, é um observador, que pode ser, por exemplo, o professor; e (ii) o **objeto** é aquele que sofre a ação, isto é, o agente passivo na ação. Se o sujeito é quem observa, podemos então dizer que o objeto é aquilo ou aquele que está sendo observado. É o objeto que complementa o sentido de um verbo – o ato de avaliar, no

caso –, e dá sentido à ação do sujeito – que é avaliar. Dessa forma, esse objeto pode ser “(...) um espaço, um projeto, uma ação, a aprendizagem, uma pessoa...” (LUCKESI, 2000, p. 9). Dentro dessa perspectiva, o autor ainda se refere ao avaliador, no nosso caso o professor, como sendo o agente responsável por organizar os processos avaliativos de seus estudantes. Devemos ainda reforçar que o acolhimento não é prerrogativa do ensino regular. Pelo contrário, se mostra tão importante quanto na Educação de Jovens e Adultos (EJA), podem, do ser visto por alguns até como mais importante, devido ao espectro etário heterogêneo dos estudantes que, em sua maioria, vêm de uma situação de exclusão. Dessa forma, o compromisso do professor se torna ainda maior. Assim, essa disposição de acolher deve estar sempre incorporada no professor e não no estudante. O autor ainda ressalta que sem ela não é possível se fazer um processo avaliativo, dizendo que absolutamente nada pode ser feito com um objeto, produto, elemento, ação ou pessoa que foram recusados, excluídos ou prejudgados desde o início.

Imaginemos um médico que não tenha a disposição para acolher o seu cliente, no estado em que está; um empresário que não tenha a disposição para acolher a sua empresa na situação em que está; um pai ou uma mãe que não tenha a disposição para acolher um filho ou uma filha em alguma situação embaraçosa em que se encontra. Ou imaginemos cada um de nós, sem disposição para nos acolhermos a nós mesmos no estado em que estamos. As doenças, muitas vezes, não podem mais sofrer qualquer intervenção curativa adequada devido ao fato de que a pessoa, por vergonha, por medo social ou por qualquer outra razão, não pode acolher o seu próprio estado pessoal, protelando o momento de procurar ajuda, chegando ao extremo de ‘já não ter muito mais o que fazer!’ (LUCKESI, 2000, p. 6 - 7).

Assim sendo, podemos, então, concluir que o ponto de partida para qualquer prática avaliativa deve estar pautado na disposição em acolher (LUCKESI, 2000). Contudo, lamentavelmente, vemos atitudes na contramão, em que constantemente presenciamos esse processo sendo utilizado como recurso de coerção, controle e opressão. Especificamente, mas não exclusivamente, aos estudantes.

Posto isso, para prosseguirmos na discussão, precisamos fazer a distinção entre avaliação e exame. Embora o imaginário coletivo e o conhecimento cotidiano a respeito do assunto possam tratá-los como sendo a mesma coisa ou até sinônimos, mesmo porque é essa a concepção encontra nos verbetes de vários dicionários, precisamos fazer a diferenciação entre os termos, pois pedagogicamente, alguns autores, como os que trazemos aqui, os consideram como não sendo a mesma coisa.

Luckesi (2000), como dissemos anteriormente, define a avaliação da aprendizagem como um processo amoroso, inclusivo, dinâmico e construtivo; dessa forma, ela se distingue dos exames, pois estes “não são amorosos, são excludentes, não são construtivos, mas

classificatórios” (LUCKESI, 2000, p. 6). Se por um lado o processo avaliativo tem um viés inclusivo, “os exames selecionam, excluem, marginalizam”, além de refletirem apenas um estado ao final de um ciclo da aprendizagem.

Nesse sentido, Silva *et al* (2017) refletindo acerca do que disse Luckesi (2000), destacam que um exame tem o propósito de medir e qualificar o objeto, classificando-o, “(...) padronizando e enfatizando os resultados a serem alcançados (...)” (SILVA *et al.*, 2017, p. 831). Os autores ainda lembram que a estrutura do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), em especial o seu sistema de divulgação dos resultados, ressalta a distinção entre os dois processos: a avaliação e o exame. Podemos ainda sobrepujar essa colocação e ver que ela se encaixa também em outros vestibulares, como, por exemplo, a seleção para os Institutos Federais (IFs). Compreendemos que tais critérios de exclusão presentes nessas provas se dão por seu caráter de processos seletivos. De mais a mais, todavia, os autores ainda apontam que os recursos avaliativos adotados no nosso sistema educacional, inclusive o ENEM, não acompanham o caráter inclusivo que a própria LDB preconiza mediante uma humanização dos processos educacionais através do “pleno desenvolvimento, (...) da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 1996, p. 1 e 12) do estudante; pois eles, tal como são utilizados, afastam os educandos desse objetivo.

Ainda no tocante a isso, os autores apontam que, mesmo o ENEM dispondo de problemas costumeiros em sua estrutura e, independente da classe social do vestibulando, poder permitir a sua ascensão acadêmica, ainda é presente o seu caráter controlador, segregacionista e punitivo. Nesse sentido, retomando a discussão anteriormente feita sobre avaliação a partir de Paulo Freire (1970), concordamos com Silva *et al* (2017) quando dizem que sob a perspectiva freireana, enquanto a prova possui um caráter inclusivo, por outro lado, não abandona sua característica opressora. Pois o mesmo sistema que estimula o cidadão ao aperfeiçoamento, à qualificação, à erudição e à escalada acadêmica é o mesmo que categoriza, insula, segrega, penaliza e pune.

## 2.1 INSTRUMENTOS DE CONTROLE NO SISTEMA DE ENSINO

Silva *et al* (2017, p. 830) alegam que as instituições de ensino se encarregam na divisão das “relações de exploração social” (SILVA *et al.*, 2017, p. 830). Em consonância a isso, os autores lembram que Michel Foucault

(...) analisou o poder em sua obra “Microfísica do poder”, de modo que a máxima disposição autoritária se exerce nos sistemas societários e em suas relações interpessoais, cujas relações criam entre os indivíduos pequenas ilhas de poder e de dominações entre elas e essas relações embrenham-se aos demais membros da sociedade. Para este pensador o poder é onipresente e os governos a utilizam de diversas formas e a mais gritante é na educação de seu povo. Assim, a educação, longe de ser concebida como harmoniosa e transparente, é multifacetada por interesses antagônicos de classes, sempre reunidas por um fim comum, não necessariamente e coletivamente nobre. (SILVA *et al.*, 2017, p. 829)

Nesse sentido, notamos que um dos recursos utilizados pela escola para isso é a avaliação, que “(...) dentro da sala de aula é instrumento de controle, no que se refere à manutenção da disciplina e da pseudo-atenção do estudante às explicações do professor” (D’AGNOLUZZO, 2007, p. 3). A autora ainda segue dizendo que as avaliações são tidas como instrumento de punição pois possuem caráter de verificação, metrificação e classificação a partir da aprendizagem dos estudantes. Aqueles que não atingem uma nota mínima necessária podem deixar de ter acesso a benefícios, sejam eles oferecidos: (i) pela escola, como a própria aprovação, um passeio, uma premiação de destaque, etc ou (ii) pelo Estado através da nota do ENEM. Assim, no contexto escolar, percebemos o viés controlador em um processo avaliativo quando ele está atrelado à uma educação bancária que castra a criatividade do estudante, apenas cobrando que seja reescrito “(...) o que ele apenas memorizou em tantas aulas e leituras” (D’AGNOLUZZO, 2007, p. 3).

Retomando Silva *et al* (2017), observamos que esse exame impossibilita o acesso universal ao Ensino Superior, gratuito e de qualidade, bonificando somente aqueles que se destacam, o que, como mostram, reforça ainda mais o caráter de “(...) como os instrumentos de avaliação instituídos por um sistema de avaliação educacional tradicional podem facilitar a relação de poder do Estado” (SILVA *et al.*, 2017, p. 831). O mesmo raciocínio vale para outros exames de acesso às instituições públicas, como para os IFs. Podemos, inclusive, extrapolar este pensamento e dizer que ele se estende para outros níveis, como seleção de professores, técnicos, policiais e vários outros profissionais em instituições públicas. Isso ocorre quando presenciamos concursos que possuem apenas uma única etapa que está focada somente em um único aspecto do candidato, normalmente seu conhecimento técnico. Todavia, há outros concursos que procuram ser mais criteriosos e cuidadosos no processo de seleção, avaliando diferentes habilidades do candidato. E visto que, muitas vezes, há mais candidatos do que vagas oferecidas em um concurso, entendemos, inclusive, que dentro dessa perspectiva faz-se obrigatória uma seleção de candidatos, o que representa a presença de um tripé – verificar, medir e classificar – que estabelecerá uma relação de poder sobre os candidatos. Ainda nesse âmbito, podemos dizer que o próprio edital estabelece uma relação de poder pois ele é

normativo, prescrevendo quem pode e quem não pode participar da seleção; ele, por sua vez, é feito através uma resolução que o precede dizendo como deverá ser o edital e o processo; a resolução ainda é antecedido por uma lei<sup>15</sup> que diz como, quando e em quais condições e características deve ser realizado o concurso; além disso, a instituição deve solicitar autorização para fazê-lo, dizer porque precisa, etc. No extremo, percebemos um encadeamento nas relações de poder em várias esferas. Notamos, então, que elas são hierarquizadas em instituições superiores àquelas a qual a própria seleção está ocorrendo, que as relações de poder não são apenas interpessoais, podem vir de leis e documentos oficiais que definem essas relações, etc. No contexto escolar, é possível observar essa relação em alguns Projetos Político-Pedagógicos (PPP) que já trazem definido qual a divisão do ano letivo – bimestre, trimestre, semestre, etc – ; qual o percentual da nota dedicado a simulados, provas, conceito, etc; qual conteúdo e em qual momento deverá ser abordado e outros regulamentos que impossibilitam a autonomia do professor em trabalhar de maneira diferente da normativa da escola, deixando-o engessado e o obrigando a se adequar aos moldes que a escola estabeleceu como canônico.

O que estamos dizendo é que, em suma, os exames que aprovam esses profissionais, em sua maioria, não oferecem garantias de que esses candidatos serão bons funcionários. O que podemos, então, dizer é que tiveram um bom desempenho nas provas para as quais se prepararam.

## 2.2 MECANISMOS PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: COMO AVALIAR?

Diante do cenário que desenhamos, dentre outras questões importantes, buscaremos discutir como avaliar. Respondê-la não é fácil. Na verdade, não temos uma resposta pronta e hermeticamente fechada para ela. De qualquer forma, precisamos saber se o estudante apresenta ou não conhecimentos necessários para avançar para a próxima etapa do processo escolar/acadêmico, que normalmente se refere à sua aprovação ou não ao ano seguinte. Fazemos isso realizando coletas de dados. Luckesi (2000) reforça que, para isso, precisamos ter um padrão de qualificação que deve ser estabelecido não apenas antes do processo de avaliação, mas deve anteceder a todo o processo de ensino e aprendizagem, devendo estar ajustado lá atrás, no “(...) planejamento de ensino, que, por sua vez, está sustentado em uma teoria do ensino” (LUCKESI, 2000, p. 10). Segundo o autor, antes de tudo, então, precisamos primeiro compreender o ato de avaliar. Mas nunca perdendo o foco do que já estabelecemos: a

---

<sup>15</sup> A Lei nº 8.112/90, por exemplo, “dispõe sobre o regime jurídico dos servidores públicos civis da União, das autarquias e das fundações públicas federais” (BRASIL, 1990).

postura de acolher! Feito isso, nossa avaliação deve ser alicerçada no tripé: acolhimento, diagnóstico e decisão. A importância do acolhimento para uma educação libertadora será discutida mais adiante. Por ora, focaremos nos outros dois pontos inseparáveis. Ele ainda reforça que tanto a teoria pedagógica utilizada, quanto o plano de ensino são importantes para a qualificação dos dados que foram coletados. Após isso, para se dar continuidade ao processo de avaliação, o próximo passo é diagnosticar.

O diagnóstico é apoiado em outros dois sustentáculos: a constatação e a qualificação daquilo que será avaliado:

- **a constatação** consiste na apuração do estado que o objeto a ser avaliado está, seja ele uma pessoa, a própria aprendizagem em si ou o que for. Isso está constantemente baseado em suas propriedades específicas. Assim, ela sustenta a configuração do objeto, tendo por base suas peculiaridades, como estão no momento. Ela serve de “base material” para o passo seguinte do diagnóstico, a qualificação; e
- **a qualificação** consiste em atribuir uma qualidade ao objeto que está sendo avaliado, dizendo se ele é apto ou inapto; se sua qualidade é positiva ou negativa.

Para o diagnóstico, Luckesi (2000) nos traz um exemplo bem didático. Como a avaliação pode ser direcionada a qualquer peça, ele usa uma cadeira como ilustração. Primeiro temos que identificar nosso objeto e seu estado de acordo com suas especificações Físicas, que no caso da cadeira são suas características, como o material: se ela é de madeira, plástico ou outro elemento; a mobilidade: se é de rodinha ou fixa; número de pés: três, quatro ou cinco; seu assento: se é tecido, couro natural, sintético, madeira, ou possui outra constituição; sua cor: se é preta, marrom, caramelo; e outras características. “O ato de avaliar, como todo e qualquer ato de conhecer, inicia-se pela constatação, que nos dá a garantia de que o objeto é como é. Não há possibilidade de avaliação sem a constatação” (LUCKESI, 2000, p. 7). Adiante, o processo avaliativo, ainda tomando a cadeira como exemplo, continua com sua qualificação. Isso se daria dizendo se ela é satisfatória ou insatisfatória, tomando por parâmetro os seus atributos atuais. Isto é, somente depois dos dados constatados é que podemos atribuir-lhe uma qualidade. Em outras palavras, podemos apenas qualificar nosso objeto após primeiro constatá-lo.

A etapa seguinte é a qualificação, que “é estabelecida a partir de um determinado padrão, de um determinado critério de qualidade que temos, ou que estabelecemos, para este objeto” (LUCKESI, 2000, p. 7). Ou seja, não pode ser feita a esmo sem nenhum parâmetro e de maneira frívola. No caso do exemplo da cadeira que ele nos traz, em função de que ela está

sendo classificada como aceitável ou não? Esse julgamento deverá ser especificado como adequado ou inadequado de acordo com suas atribuições. Isso é importante, pois essas propriedades intrínsecas do objeto que estamos avaliando dependem das circunstâncias em que ele se encontra. A cadeira ideal para uma sala de espera de um consultório não necessariamente será apropriada para ser utilizada em um escritório. Isto é, o próprio ambiente modifica as qualidades do nosso objeto, tornando-o satisfatório ou insatisfatório. A cadeira é meramente uma alegoria dos nossos estudantes. Devemos extrapolar essa colocação para nossas salas de aula. Então, temos o dever de nos perguntar até que ponto nossas aulas e até mesmo nossas salas não estão sendo propícias ao aprendizado de nossos educandos.

Após o diagnóstico feito, prosseguimos ao próximo passo: a tomada de decisão. Isto é, sendo o objeto diagnosticado positiva ou negativamente, o que faremos com ele agora? Respondendo a isso, Luckesi (2000) reforça que “o ato de avaliar não é um ato neutro que se encerra na constatação. Ele é um ato dinâmico, que implica na decisão de ‘o que fazer’. Sem este ato de decidir, o ato de avaliar não se completa” (LUCKESI, 2000, p. 8).

Posto isso, o autor ainda levanta algumas questões a respeito dos mecanismos de avaliação que temos utilizado.

- Até que ponto eles são suficientemente satisfatórios a fim de descrever nossos estudantes?
- Eles colhem as informações que de fato são fundamentais, isto é, coletam os dados que de fato devem ser coletados?
- Eles são fidedignos e estão isentos de desvirtuarem a realidade da ação de nossos estudantes, ou podem nos levar a uma análise distorcida?

Nesse sentido, independentemente do tipo de avaliação, somativa, diagnóstica ou formativa, é necessária uma adequação dos processos avaliativos da aprendizagem. Assim sendo, Luckesi (2000) define três mecanismos para se conduzir este processo:

Isso implica que os instrumentos: a) sejam adequados ao tipo de conduta e de habilidade que estamos avaliando (informação, compreensão, análise, síntese, aplicação...); b) sejam adequados aos conteúdos essenciais planejados e, de fato, realizados no processo de ensino (o instrumento necessita cobrir todos os conteúdos que são considerados essenciais numa determinada unidade de ensino-aprendizagem; c) adequados na linguagem, na clareza e na precisão da comunicação (importa que o educando compreenda exatamente o que se está pedindo dele); adequados ao processo de aprendizagem do educando (um instrumento não deve dificultar a aprendizagem do educando, mas, ao contrário, servir-lhe de reforço do que já aprendeu. (LUCKESI, 2000, p. 9 - 10).

Por esse ângulo, lembramos que comumente, vemos as avaliações e os professores serem tratados de maneira caricata, como sendo os obstáculos que separam os estudantes de sua graduação, e de seu diploma, o que mais uma vez recai em características controladoras e repressivas do sistema educacional.

Posto isso, podemos então concluir que o ato de avaliar é algo que passa pela qualificação do objeto objetivando tomarmos uma atitude e uma decisão sobre ele, mas sempre pautado na disponibilidade de acolhê-lo (LUCKESI, 2000).

### 2.3 UMA NOTA, UM VEREDITO?

Atribuir um valor numérico, isto é, uma nota, não é algo tão simples. Na verdade, não é nada simples, pois é necessário considerar a complexidade dos processos pedagógicos de ensino e aprendizagem. Uma determinada nota representa o alcance que o estudante atingiu em um instrumento avaliativo. Mas, se por exemplo, um estudante obteve uma nota 0 (zero) em uma prova, tendo respondido ou não a todas as questões, o que significa este número? Silva e Scarinci (2018) levantam algumas questões a respeito das interpretações que se fazem a respeito desse valor:

Como exemplo caricato desse problema, imaginemos uma prova em que todos os alunos tirem nota menor do que 2 (já aconteceu em algumas disciplinas no IFUSP). O que significa o 2? a) Todos os alunos aprenderam apenas (no máximo) 20% do que estava na ementa do curso? Ou b) todos os alunos aprenderam no máximo 20% da interpretação do professor sobre a ementa? (Ou seja, com outro professor, os mesmos alunos tirariam notas diferentes) Ou c) o professor foi além da ementa? Ou d) a prova estava elaborada de acordo com a ementa, porém em nível incompatível com o que era possível aprender, de modo que o instrumento não funcionou para avaliar o conhecimento? Ou e) houve alguma circunstância externa que influenciou na concentração dos alunos durante a prova? Ou ainda f) a prova estava bem elaborada, porém a correção foi exageradamente rigorosa? Ou g) A prova foi mal elaborada, ou seja, os alunos sabiam o conteúdo, porém não conseguiram demonstrar seu conhecimento através das questões formuladas? (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 2)

Acrescentamos ainda alguns outros questionamentos. No caso de uma nota ser zero, isso significa que de fato o estudante teve um rendimento nulo e que ele não aprendeu absolutamente nada? Esse zero significa dizer que o estudante não sabe absolutamente nada a respeito da matéria? Pode soar caricato quando um educando diz que “o que caiu na prova foi o que ele não estudou”, mas tivemos clareza na elaboração das questões e quando dissemos qual assunto seria abordado na prova? Isto é, o estudante compreendeu claramente qual assunto

seria abordado e como seria pedido pelo professor na avaliação? Havia algum fator externo que influenciou o estudante, isto é, ele estava se sentindo bem no dia?

Podemos ainda extrapolar a sala de aula e ilustrar, de maneira mais didática, com o exemplo de um estudante que faz o ENEM. A prova possui 180 questões objetivas com 5 alternativas cada uma e uma redação. Ela ocorre em dois dias: no primeiro, são feitas 90 questões sobre Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias e mais a redação havendo um tempo de duração de 5 horas e meia; no segundo dia, são provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias e a duração é de 5 horas. Isso quer dizer que, na média, são 3 minutos e 40 segundos para se resolver cada questão do primeiro dia, não se levando em consideração a redação; e no segundo dia, o tempo médio de resolução por item é de 3 minutos e 20 segundos. Então, podemos dizer que aquele que não conseguiu acesso ao Ensino Superior através da prova, ocorreu porque não sabia o conteúdo, ou por que o prazo de realização da prova é escasso? O que recai mais uma vez sob a valia inclusiva-opressora, como discutida anteriormente.

Acontece que muitas vezes replicamos características do ENEM em nossas salas de aula, como o ranqueamento e a classificação, o tempo para realização da prova, conteúdos extensos para estudar, avaliação abreviada ao dia da prova apenas e não de maneira processual, etc. Todavia, o processo avaliativo não deve ser reduzido a apenas ao dia de uma prova, pelo contrário, ele deve abraçar todo o processo de ensino e aprendizagem. É um recurso que, como discutimos, é capaz de medir e produzir escalas. Mas, mais do que isso, devemos incorporar esses dados que conseguimos coletar através das provas em nossas práticas docentes<sup>16</sup>. Utilizando essas informações para sabermos quais critérios e atitudes tomarmos para a melhoria da aprendizagem. Então, não! Essa nota não define o estudante! Não pode ser um veredito, no sentido de ser uma resolução inquestionável e irrevogável em sua vida. E devemos ter isso sempre em mente quando trabalhamos com um processo avaliativo sob um abrigo inclusivo e acolhedor. Ignorar isso pode significar recairmos numa cultura opressiva da educação. Sobre esse aspecto Luckesi (2000) afirma que

---

<sup>16</sup> Essas práticas docentes se aproximam do conceito de práxis trazido por Paulo Freire (1979). Para ele, não se poderia “(...) chegar à conscientização crítica apenas pelo esforço intelectual, mas também pela práxis: pela autêntica união da ação e da reflexão” (FREIRE, 1979, p. 47), isso é, ele entendia teoria e prática como uma “unidade indissolúvel entre (...) ação e (...) reflexão sobre o mundo” (FREIRE, 1979, p. 15), não as tratava de maneira separada, mas as unia dialeticamente (FERNANDES, 2019). Em síntese, ele a entendia como uma atuação que é informada pela teoria e impacta a realidade de maneira a informar novamente a teoria, de uma maneira cíclica, num processo que se retroalimenta. Dessa maneira, ela é uma atuação que confronta contradições e que resolve contradições. Nesse sentido, entendemos que a revisitação a um tema é essencial à práxis freireana.

A avaliação da aprendizagem não é e não pode continuar sendo a tirana da prática educativa, que ameaça e submete a todos. Chega de confundir avaliação da aprendizagem com exames. A avaliação da aprendizagem, por ser avaliação, é amorosa, inclusiva, dinâmica e construtiva, diversa dos exames, que não são amorosos, são excludentes, não são construtivos, mas classificatórios. A avaliação inclui, traz para dentro; os exames selecionam, excluem, marginalizam (LUCKESI, 2000, p. 6).

Atribuir uma nota ao conhecimento adquirido por um estudante não consiste em um método pragmático, cartesiano e positivista de medição da mesma maneira que medir o comprimento de uma parede ou de uma porta, tal como discutimos no início desse capítulo. Para avaliarmos a aprendizagem de nossos estudantes, é preciso fazermos uso dos instrumentos de avaliação da aprendizagem apresentados anteriormente. Eles são usados para coletar os dados sobre nossos estudantes, que, após a coleta dessas informações, o próximo passo é utilizá-las para atribuir uma nota. Isto é, no sentido da avaliação formativa – que estenderemos a discussão adiante – diagnosticar e qualificar para orientar as tomadas de decisões do professor e dos estudantes na sala de aula. Na busca de responder à pergunta inicial que propusemos – como avaliar –, não podemos nos esquecer que essas informações recolhidas descrevem a aprendizagem atual do educando. Segundo o autor,

(...) a avaliação é um ato de investigar a qualidade daquilo que constitui seu objetivo de estudo e, por isso mesmo, retrata a sua qualidade. Desse modo, ela não soluciona nada, mas sim subsidia as decisões sobre atos pedagógicos e administrativos na perspectiva da eficiência dos resultados desejados (LUCKESI, 2011, p. 13).

Desse modo, torna-se importante a objetividade em uma ferramenta de avaliação. Essa clareza deve partir primeiro e principalmente do professor, pois é ele quem elabora o instrumento de avaliação da aprendizagem e por meio dele deverá utilizar os dados coletados a fim de retomar o assunto em uma nova ocasião (SILVA; SCARINCI, 2018). A reflexão sobre sua prática pode levar o educador a modificar a forma como trabalha.

Entendemos também que esse caminho trilhado para se conduzir uma avaliação não pode ser direcionado exclusivamente ao estudante, pois também pode promover a autoavaliação do professor. Ademais, mesmo que possa parecer trivial o que diremos, precisamos frisar: quando um tema não compreendido pelos estudantes for retomado, não faz sentido voltar a abordá-lo repetindo as mesmas explicações anteriores; a abordagem precisa mudar. Essa mudança de abordagem em uma retomada de conteúdo é obrigatória estar presente em uma avaliação formativa, que será abordada abaixo.

Assim sendo, podemos dizer então que se o professor vai proferir uma sentença<sup>17</sup> a seu estudante, que faça isso recorrendo ao sentido etimológico da palavra, pois somente assim ela poderia estar abraçada pela perspectiva do acolhimento, que é o que tem pautado aqui o nosso processo avaliativo. Sobre isso, precisamos reforçar que o proferimento desse sentimento, isto é, essa sentença, não se dá inadvertidamente. Ela é feita seguindo os padrões de caráter amoroso, inclusivo, acolhedor, dinâmico e construtivo, como comentamos acima. São eles que irão traçar os critérios de qualidade que estabelecemos para avaliar um objeto, que no nosso caso, trata-se da aprendizagem dos estudantes.

## 2.4 TIPOS DE AVALIAÇÃO: DIAGNÓSTICA, FORMATIVA E SOMATIVA

Silva e Scarinci (2018) ainda lembram que as avaliações também podem ser de caráter externo e/ou interno.

**Avaliações externas** são definidas por alguns autores como aquelas que são promovidas por sujeitos distantes do cotidiano escolar (ALAVARSE; BRAVO; MACHADO, 2012), evidenciando-se pelo distanciamento entre o avaliador e os estudantes, como ocorre no ENEM, na Provinha Brasil, na Prova São Paulo e outras do gênero que normalmente são desenvolvidas pelas secretarias de educação e que podem ser usadas para definir as políticas públicas a serem adotadas conforme o resultado. Todavia, Luckesi (2011) ressalta que

As distorções constatadas nessas avaliações são externas ao próprio sistema de avaliação, tendo a ver, de um lado, com o uso restrito dos seus resultados para novos encaminhamentos na perspectiva da melhoria do sistema nacional de educação, e, de outro, com a construção de *rankings* das escolas.

A avaliação (...) não tem como objetivo somente aparecer como uma pesquisa, e sua função não é apenas de criar um *ranking* das instituições avaliadas. Seu objetivo fundamental é diagnosticar a qualidade da educação no País e orientar intervenções para sua melhoria.

O ranking, a nosso ver, só faz atrapalhar, à medida que as escolas que obtêm os primeiros lugares se consideram as melhores. (...) (LUCKESI, 2011)

Outro exemplo de avaliação externa é o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – sigla do inglês *Programme for International Student Assessment*), todavia, sua abrangência é internacional. A prova tem duração de duas horas e realizada a cada três anos por estudantes na faixa etária dos 15; cada edição busca avaliar o domínio dos participantes em leitura, matemática e Ciências (BRASIL, 2019b). Todavia, Luckesi (2011) aponta que o

---

<sup>17</sup> A origem da palavra sentença é o latim, *sententia*, que significa sentimento (CHAVES JÚNIOR, 2008; RODRIGUEZ; DELGADO; LIMA, 2016).

ranqueamento feito com o resultado do ENEM “só faz atrapalhar, à medida que as escolas que obtêm os primeiros lugares se consideram as melhores” (LUCKESI, 2011). Nisso, observamos frequentemente a mesma prática com os resultados do PISA, em que muitos se utilizam dele para classificar um país<sup>18</sup> inteiro em função do desempenho na prova feita por apenas alguns estudantes adolescentes. Todavia, entendemos que tratar o PISA como fator preponderante e determinante da qualidade educacional de países é uma generalização grotesca e inadequada; não vemos essa interpretação com razoabilidade. O PISA, no extremo, até pode servir como um termômetro de como a educação vem sido conduzida, contudo, seu resultado não pode ser considerado indiscutível sem se fazer nenhuma interpretação crítica a respeito dele. O risco de uma avaliação que procura ser mundial é tentar globalizar os objetivos educacionais e, com isso, tentar globalizar o currículo. Mas, com tantas desigualdades socioeconômicas e uma pluralidade enorme de culturas entre os países, como é possível termos uma avaliação global? A heterogeneidade sociocultural e econômica presente apenas no Brasil é enorme, quanto mais em nível mundial. Entendemos que as interpretações dos dados do PISA, ENEM e outras provas externas do tipo podem estar enviesadas por ideais de quem as faz.

Não se trata, todavia, de estigmatizar as avaliações externas. Ela por si só não é um problema. Ao contrário, ela é imprescindível ao sistema educacional. Entretanto, é preciso que elas tenham clareza nos seus propósitos e objetivos. Sobre elas, mais especificamente daquelas que ocorrem no Brasil, Luckesi (2011) ainda traz que “essas avaliações do sistema nacional de educação destinam-se a investigações sobre a qualidade da educação brasileira nos diversos níveis de ensino” (LUCKESI, 2011) e que “deveriam assumir um caráter de diagnóstico do presente quadro da educação brasileira, subsidiando um investimento em sua melhoria, o que seria o papel mais fundamental de um sistema de avaliação” (LUCKESI, 2011). Todavia, o autor ainda destaca que podemos observar que, “(...) na maioria das vezes, os resultados dessas investigações não têm produzido efeitos em prol do reinvestimento na educação nacional, tendo em vista sua melhoria em termos de qualidade” (LUCKESI, 2011).

**Avaliações internas** são aquelas que ocorrem dentro do âmbito escolar e feitas pela própria escola visando avaliar a aprendizagem dos estudantes.

Para Moraes (2008), ela é tratada na literatura acadêmica especializada como um “(...) julgamento, um juízo de valores que fornecerá as informações necessárias para o avaliador tomar decisões posteriores” (MORAES, 2008, p. 45).

---

<sup>18</sup> Uma mera pesquisa na rede buscando por noticiários a respeito do desempenho do Brasil no PISA mostra o resultado de diversas reportagens com esse tom, como por exemplo as matérias da BBC Brasil (2019), Folha de São Paulo (2019), G1 (2019), Veja (2019) e outras.

Para esse julgamento, Bloom, Hastings e Madaus (1983), indicam três maneiras de se avaliar a aprendizagem dos estudantes. Elas acontecem em etapas diferentes do processo de ensino e aprendizagem por possuírem características e finalidades distintas e ocorrem antes, durante e depois, sendo denominadas, respectivamente, por diagnóstica, formativa e somativa. Hadji (1994) trata ainda o primeiro tipo como prognóstica ou preditiva; Moraes (2008) ainda traz que a segunda pode ser também chamada de processual e a última de cumulativa. Embora possuam finalidades e concepções distintas, Bloom, Hastings e Madaus (1983) destacam ainda que, apesar disso, avaliações somativas não se distinguem das formativas ou diagnósticas no que se diz respeito às suas exigências de terem seus objetivos claramente definidos. Nesse sentido, Turra *et al* (1998) ainda trazem que “tanto a avaliação formativa como a diagnóstica podem contribuir para a avaliação somativa (...) quando o professor (...) se vale dos recursos das duas primeiras empregando ao final a somativa” (TURRA *et al.*, 1998, p. 186).

Quadro 2 – Comparação entre os tipos de avaliação.

<b>Função</b>	↔	<b>Modalidade Correspondente</b>
Diagnóstico	↔	Avaliação Diagnóstica
Acompanhamento	↔	Avaliação Formativa
Classificação	↔	Avaliação Somativa

Fonte: Turra *et al* (1998, p. 182).

Assim, a avaliação não se resume ao resultado final produzindo escores que muitas vezes é traduzido em uma nota que refletirá a aprovação ou retenção do estudante. Isso a reduz, segundo Moraes (2008), a um ato isolado de mera constatação de um resultado da aprendizagem reduzido apenas ao dia da avaliação “(...) e registro de uma nota no diário de classe” (MORAES, 2008, p. 47). Constatação essa na perspectiva do que discutimos anteriormente no item 2.2. Como se a avaliação se resumisse a apenas esse momento. Simbolicamente, isso seria como representar um filme, que seria o processo de ensino e aprendizagem, a uma única cena, uma única fotografia. A autora, traz ainda uma grande predominância do estilo bancário nos processos avaliativos. Ela lembra que os professores comumente preparam uma revisão antes de uma avaliação, como uma lista de exercícios que os estudantes fazem em casa e depois o professor a corrige em sala. Assim mesmo, como ela reitera, essa atitude caba produzindo mecanismos apenas para o educando ampliar suas possibilidades de atingirem uma melhor nota, reduzindo o ato de aprender ao simples ato de reproduzir o que memorizou.

Discutiremos a seguir, de maneira um pouco mais detalhada, as avaliações internas diagnóstica, formativa e somativa, considerando suas principais características e objetivos no bojo do processo de ensino e aprendizagem.

(a) Avaliação diagnóstica

Geralmente, este tipo de avaliação acontece no início do processo de ensino e aprendizagem, podendo estar no começo de um ano letivo, de um bimestre ou de um tema que o professor começa a trabalhar com os estudantes (SILVA; SCARINCI, 2018).

Vidotto, Laburú e Barros (2005) ressaltam que é através dela que o educador poderá identificar as habilidades, ou a falta delas, que seus educandos apresentam. Além disso, possibilita identificar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes. Retomando a analogia da fotografia que fizemos anteriormente, a avaliação diagnóstica se assemelha a um retrato: estático e representativo apenas do instante do *click*, não mostra o que aconteceu antes, apenas o cenário que não exhibe todo o ambiente, apenas uma parte; assim, a avaliação diagnóstica mostra apenas o estado atual, não considerando o enredo pregresso; por ela é possível diagnosticar a dificuldade, mas não o que a gerou. Essa identificação poderá contribuir para aquisição de novos conhecimentos. Nesse sentido, Moraes (2008) ainda destaca que para se aprender coisas novas é importante se buscar um ponto de apoio naquilo que o estudante já traz consigo de conhecimento. Ao encontro disso, Turra *et al* (1998) entendem que essa avaliação representa uma forma de “(...) determinar o grau em que seu aluno domina os objetivos previstos para iniciar uma unidade de ensino” (TURRA *et al.*, 1998, p. 183). Além disso, as autoras destacam que a avaliação diagnóstica possibilita verificar se há educandos com conhecimentos e as habilidades indicados nos objetivos, permitindo “orientá-los para outras oportunidades, para novas aprendizagens” (TURRA *et al.*, 1998, p. 183).

Moreira (2014) indica a necessidade de se mapear as condições para uma aprendizagem significativa pautada na teoria desenvolvida por David Ausubel. Esse mapeamento se faz através da investigação da “(...) existência de conhecimentos prévios adequados, especificamente relevantes, os chamados subsunçores, e materiais potencialmente significativos” (MOREIRA, 2014, p. 4). Nesse sentido, o autor (MOREIRA, 2011) destaca a importância dos conhecimentos científicos prévios para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Concluindo, Laburú, Silva e Vidotto (2005) ainda lembram que o diagnóstico em um processo de ensino e aprendizagem em que a avaliação seja capaz de identificar e orientar uma melhora retoma uma acepção moderna e mais essencial.

(b) Avaliação formativa

Enquanto a avaliação somativa ocorre no final de um ciclo e a diagnóstica antes desse período começar, a formativa realiza-se durante o processo de ensino e aprendizagem.

Ela é definida como uma avaliação qualitativa, o que, nesse aspecto se contrapõe a somativa, que traz aspectos quantitativos. Silva e Scarinci (2018) e Turra *et al* (1998) trazem que esse procedimento exerce uma função de controle. Todavia, precisamos destacar, para evitar confusões, que esta forma de controle não se caracteriza por uma demonstração de poder, trazendo consigo os aspectos punitivos e opressores como discutimos antes. Ao contrário, refere-se ao acompanhamento, supervisão, gerenciamento e monitoramento que o professor consegue fazer dos educandos durante o processo de ensino e aprendizagem. Moraes (2008) diz que esse controle se apresenta como “(...) uma ação sobre a ação (...)” (MORAES, 2008, p. 61) em que o professor seja capaz de intervir para os estudantes superarem suas dificuldades, auxiliando-os a progredirem, afastando da exclusão, presente em um processo de avaliação opressor. A autora diz então que para o estudante aprender frente a um obstáculo é preciso ensinar de novo, reestruturando o ensino de maneira diferente, o que permite ao professor evitar defasagem de aprendizado do conteúdo lecionado dentro da sua turma. Assim, a finalidade dessa avaliação é averiguar se os estudantes “(...) estão atingindo os objetivos previstos, ou seja, informar se estão sendo alcançados os resultados esperados durante o desenvolvimento das atividades (...)” (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 3 - 4).

Avaliar, tendo por propósito a constante evolução do educando, retira o compromisso com a mera constatação do passado, para direcionar o olhar dos professores às possibilidades de ação e intervenção aguardadas no futuro. Para tanto, não é possível exercitar a avaliação como um ato classificatório, mas faz-se essencial assumi-la em sua função formativa (MORAES, 2008, p. 45).

Desse modo, com ela, o professor consegue se informar sobre o desempenho da turma e de cada estudante através dos indicadores de eventuais deslizos e desvios no processo didático, o que lhe permite reformular da melhor maneira possível o seu planejamento e metodologia de ensino (MORAES, 2008). E, nesse sentido, essa mudança quando bem empregada, segundo Turra *et al* (1998), serve de base ao educador para a possibilidade da maioria dos estudantes obterem êxito na aprendizagem.

A identificação das fragilidades e potencialidades na aprendizagem dos estudantes é chamada de *feedback*<sup>19</sup>. Esse retorno é justamente o parecer dos estudantes ao professor, o que

---

<sup>19</sup> Apesar do estrangeirismo em inglês, esse é o termo utilizado pelas referências nas quais embasamos nossos estudos sobre o tema. Ele é formado por duas palavras, *feed* – alimentar – e *back* – de volta, retorno –. Nesse sentido, o termo apresenta uma conotação de um efeito retroativo, é uma via de mão dupla; se refere a uma informação que um emissor recebe como reação do receptor à sua mensagem e que lhe permitirá avaliar os resultados da transmissão; uma tradução mais fidedigna seria retroalimentação ou realimentação. Por já ser um termo bastante presente na literatura e por compreendermos que em nosso vernáculo o termo não representaria tão bem o sentido da expressão no contexto que os autores trazem, nos rendemos em utilizá-lo.

lhe permitirá visitar um assunto para melhor retomá-lo, adaptando sua ação docente de ensino às dúvidas da turma (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 3 - 4).

Em suma, o aspecto importante dessa avaliação é a orientação que ela fornece tanto no que se refere ao estudo do aluno, quanto ao trabalho do professor, funcionando como mecanismo de “*feedback*”. Neste caso, esse mecanismo permite detectar e identificar deficiências na forma de ensinar, possibilitando reformulações do seu trabalho didático, visando o aperfeiçoamento do mesmo (LABURÚ; SILVA; VIDOTTO, 2005, p. 31).

A avaliação formativa indica o nível que os estudantes atingiram, mostrando o que foi ou não superado e aprendido. Portanto, reafirmamos que ela não apresenta um aspecto punitivo e opressor, trazendo escores e escalas de pontuação com caráter classificatório entre os estudantes, mas permite mapear as dúvidas individuais e coletivas para que “(...) todas as medidas possíveis para a superação sejam implementadas” (MORAES, 2008, p. 58).

Turra *et al* (1998) indicam alguns passos, os quais enumeramos, para conduzirmos um processo de avaliação formativa:

1. Selecionar objetivos e conteúdos e distribuí-los em pequenas unidades de ensino;
2. Formular esses objetivos, com vistas à avaliação, em termos de comportamento observável;
3. Tomar como referência (para a formulação de objetivos e construção de questões) um quadro ou esquema teórico (como a “Taxionomia de Objetivos Educacionais” ou outros esquemas de referência, inclusive um elaborado pelo professor), que facilite a identificação precisa de áreas de dificuldades ou insuficiências;
4. Valerem-se o professor e o estudante de *feedback* frequente, isto é, utilizarem a informação para corrigir erros, insuficiências, ou para reforçar comportamentos bem sucedidos. (...);
5. Selecionar alternativas corretivas (terapêuticas) de ensino-aprendizagem. Alternativas terapêuticas são procedimentos variados de ensino que se destinam a sanar de modo específico a insuficiência constatada (TURRA *et al.*, 1998, p. 184 - 185).

O sentido informado por Turra *et al* (1998) para as “alternativas terapêuticas” está em consonância com a perspectiva preconizada pelo documento oficial que rege a educação básica brasileira. No que se refere à questão da avaliação da aprendizagem dos educandos, a LDB indica que a “avaliação [deve ser] contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais” (BRASIL, 1996, p. 9). Entendemos que ao dar prevalência aos resultados obtidos ao longo do processo educativo e não apenas aos momentos específicos de avaliação, como nas provas, testes, etc, a LDB aponta na mesma direção aqui defendida para o processo avaliativo como um todo, de inclusão, de acolhimento aos estudantes.

Mais adiante, o documento aponta a “obrigatoriedade de estudos de recuperação, de preferência paralelos ao período letivo, para os casos de baixo rendimento escolar, a serem disciplinados pelas instituições de ensino em seus regimentos” (BRASIL, 1996, p. 9). Assim, os estudos de recuperação devem ser entendidos como parte do processo de avaliação da aprendizagem dos estudantes e como consequência do diagnóstico de baixo rendimento escolar (DUTRA; MARTINS, 2012). Compreendendo que o baixo rendimento escolar pode ter inúmeras causas que ultrapassam o âmbito da sala de aula, Dutra e Martins (2012) consideram que a prática da recuperação deve:

- estar inserida em um planejamento de ensino com objetivos claros que podem ser medidos por meio de avaliação;
- envolver o reconhecimento não somente das dificuldades cognitivas do aluno, mas também fatores emocionais, psíquicos e sociais;
- perceber o seu sucesso não dependente apenas do método aplicado ou do trabalho do professor, pois há fatores que fogem ao controle docente ou da escola capazes de interferir em um processo de recuperação de um aluno com rendimento insuficiente;
- preocupar-se não somente com a recuperação do conteúdo, mas também com a recuperação integral do aluno no que diz respeito à sua cidadania (DUTRA; MARTINS, 2012, p. 144)

Neste sentido, entendemos que as alternativas terapêuticas indicadas por Turra *et al* (1998), como um dos passos para se efetivar uma avaliação formativa, encontram-se adequadamente inseridas em um processo de recuperação. Isso, pois, mais do que reaver a nota, a recuperação tem – ou pelo menos deveria ter – a finalidade de remediar de modo específico a insuficiência constatada na aprendizagem do estudante. Compreendemos que a avaliação formativa parte de um processo mais amplo que envolve um momento de diagnóstico e aquele em se atribui uma nota à aprendizagem do estudante. Desta forma, podemos esperar que os objetivos previstos para o processo de ensino e aprendizagem venham a ser atingidos.

#### (c) Avaliação somativa

Esta avaliação é a mais comum nas práticas educacionais avaliativas. De acordo com Laburú, Silva e Vidotto (2005), ela consiste em traduzir em números o aproveitamento que o estudante obteve como aprendizagem ocorrido no final de um ciclo de ensino. Em síntese, ela tenta medir o quanto ele aprendeu e, conseqüentemente, o quanto falta para aprender. Diante desse quadro, ela se apresenta com uma característica classificatória conforme o progresso da aprendizagem do educando, “geralmente tendo em vista a promoção ou retenção do estudante” (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 5).

Mesmo que a avaliação não seja numérica propriamente dita e venha através de conceitos – (i) A, B, C, D, E; (ii) O (ótimo), MB (muito bom), B (bom), R (regular), I (insuficiente); (iii) ☆, ☆☆, ☆☆☆, ☆☆☆☆, ☆☆☆☆☆; etc –, entendemos que ela pode se enquadrar como somativa, pois não vislumbramos neles uma característica qualitativa quando transformam um espectro de valores numéricos em letras ou símbolos, escamoteando o resultado em índices discretos, mas que ainda assim representam valores que são possíveis de serem escalonados, como uma medição, o que, no nosso entendimento, caracteriza uma quantificação.

Moraes (2008) nos lembra que o ato de avaliar sem sabermos o que ele significa e no que implica, apenas cobrando o conteúdo, mas sem acompanhar o processo de ensino e aprendizagem, “tendo por base as metas estabelecidas enquanto essenciais para aquele momento da escolarização” (MORAES, 2008, p. 46), reduz a atitude a mera ação classificatória, o que pode levar ao distanciamento da prática pedagógica. Comportamentos que estão presentes em um exame, mas não devem estar numa avaliação:

Em um processo de examinação, os sistemas educacionais têm como objetivo mensurar e classificar o objeto, padronizando e enfatizando os resultados a serem alcançados; nesse contexto que a avaliação somativa ou classificatória está inserida. Definida como uma de suas funções, a avaliação somativa tem como base principal seu caráter controlador e por consequência torna-se uma forma de poder (SILVA *et al.*, 2017, p. 831).

Assim sendo, percebemos que em determinadas circunstâncias, nessa perspectiva de controle e instrumento de poder, a avaliação somativa pode se aproximar do que já apresentamos anteriormente como exame, pois, como trouxemos, Luckesi (2000) nos mostra que as avaliações possuem um caráter inclusivo e amoroso, que servirá para o monitoramento do desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, enquanto os exames demonstram apenas o resultado final de um ciclo de aprendizagem, possuindo uma característica estanque. Inclusive, até mesmo essa análise de que os exames trazem o resultado final é passível de discussão, visto que alguma eventualidade pode ter acontecido com o estudante e o impediu de uma boa participação no processo ou até mesmo de estar presente nele. Nesse sentido, é mais próximo da realidade dizermos que o exame mostra um resultado do dia em que a prova foi feita, do que um resumo de um ciclo; é uma fotografia que relata apenas um momento e não todo o contexto.

Ainda que a avaliação somativa gere uma nota e isso decorra num resultado classificatório, caso ela mantenha seu caráter acolhedor, inclusivo e amoroso, ela pode não

perder seu caráter avaliativo – se ela foi bem feita. O valor numérico em si não é a problemática da avaliação somativa, uma vez que ela pode ter um caráter formativo se for analisada do ponto de vista do *feedback*. Há um sentido que é atribuído aquele número, que seria a nota, e ele poderá servir para o professor repensar as suas práticas. Portanto, quando ela é utilizada dessa forma, entendemos que a nota pode ser uma simples consequência do processo avaliativo, não sendo o essencial.

Silva e Scarinci (2018) ainda nos lembram, particularmente para o Ensino de Física, o viés bancário que este tipo de avaliação traz:

(...) provas baseadas na memorização e substituição de fórmulas; análises mais ricas, com ou sem a Matemática, com ou sem a dependência de fórmulas, envolvendo por exemplo as consequências de determinada ação ou mesmo com determinado dado empírico, aparecem de tal forma limitada, o que aponta para a necessidade de rever os aspectos metodológicos utilizados em sala e não necessariamente a avaliação em si, como única causa (às vezes “burocrática”) da memorização. Outrossim, não se pode esquecer que as provas devem refletir aquilo que está sendo realizado nas aulas, ou seja, se por um lado, as aulas são baseadas em fórmulas e finalizadas nesta, pouco espaço há para discussões mais ricas provenientes dos resultados e, deste modo deve ser elaborado o instrumento de avaliação (...) (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 4).

A questão é que avaliar atribuindo um valor numérico com a ideia de mensurar o aprendizado não é algo simples e trivial de se fazer. A prática mais comum que observamos é atribuir uma nota equivalente ao percentual de acerto que o estudante obteve dentro de uma resposta esperada pelo professor; e a nota final da prova seria o somatório dos pontos obtidos. Assim, se uma questão tem valor igual a 3,0 e o estudante atinge a pontuação de 1,5, significa dizer que sua resposta satisfaz à metade das expectativas que o professor tinha para aquele item; se for igual a 1,0, isso quer dizer que a resposta correspondeu à apenas um terço do esperado; sendo 3,0, significa dizer que a resposta atendeu às expectativas do professor. Mas e se o estudante superar as expectativas? Isto é, e se ele for além do que foi perguntado, mesmo que sem querer e sem a intenção de ser pedante, mas simplesmente por ter a ideia de “responder bem respondido” ao que o professor lhe pergunta, o que fazer? Daremos para ele um 3,5 ou 4,0? Isso quase nunca acontece! Pois o valor da questão, e principalmente da prova, demarcam a mensuração máxima que podemos fazer. Todavia, não impõe barreiras ao que o educando pode ter aprendido. Então, além do caráter excludente e marginal que a avaliação somativa tradicional possui, ela também traz consigo uma característica limitadora, nos impedindo de ver tudo o que foi aprendido.

Se, por um lado, Silva *et al* (2017) retratam os cuidados que devemos ter com a avaliação somativa por seu caráter controlador e opressor que manifesta o poder que o docente possui,

por outro, Moraes (2008), lembra que ela “oferece ao professor um panorama razoavelmente claro e preciso acerca da efetividade do ensino” (MORAES, 2008, p. 51). No entanto, lembramos que nesse sistema, os professores comumente dão apenas como resposta a orientação de “estudar mais” aos estudantes que não tiveram um rendimento satisfatório. Essa atitude do professor acaba, então, recaindo na natureza classificatória, punitiva, dominadora e de caráter estanque, não dando brecha ao diálogo. Isso porque neste processo, o importante é verificar e pontuar o mérito de cada estudante pela sua memorização.

Laburú, Silva e Vidotto (2005) ainda apontam que esta sistematização da avaliação “vem-se tornando limitada dentro de uma concepção de educação contemporânea” (LABURÚ; SILVA; VIDOTTO, 2005, p. 27). Nesse sentido, tentando contornar esses problemas, Vidotto, Laburú e Barros (2005) trazem uma outra possibilidade deste tipo de avaliação, uma que fosse “(...) complementar à convencional, que se coaduna com o modelo pedagógico referido e que procura centrar a atenção nas etapas intermediárias do processo de construção do conhecimento” (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 80). Embora os autores tenham se referido a ela como formativa, pois possibilita ao “(...) professor redirecionar o seu processo de ensino, mas criando oportunidades para o aluno ajustar e corrigir os seus pensamentos, ações e atitudes” (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 81), entendemos que ela pode se enquadrar também como somativa, pois traz um valor numérico no final do trabalho atribuído ao desempenho que o estudante apresentou no decorrer das atividades. A presença de um retorno que se pode ter após um processo avaliativo não é exclusividade da avaliação formativa, podendo também se materializar na somativa. Isso, desde que essa resposta aos estudantes seja formada “(...) de modo que as interpretações dos escores dirijam a atenção do aluno para providências que ele possa tomar para superar as deficiências” (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, 1983, p. 79). Para melhor compreendermos essa fala de Bloom, Hastings e Madaus (1983), precisamos fazer um recorte de quando o texto foi escrito. Nesse sentido, o termo “deficiência” não cabe mais em dias atuais, pois carrega consigo uma conotação pejorativa e depreciativa; a expressão pode ser contemporizada para “dificuldades e limitações na aprendizagem”. Além disso, ressaltamos que quando dizem que as atenções dos estudantes devem ser dirigidas para providências através da interpretação dos escores, os autores não estão responsabilizando os estudantes caso não se saiam bem num processo avaliativo – como se o estudante fosse mal porque ele está com algum problema –; os autores também não estão dizendo que seja uma responsabilidade única e exclusiva do educando interpretar e providenciar essas modificações. De fato, o estudante tem a responsabilidade de interpretar esses dados. Todavia, cabe primeiro ao professor ensiná-lo como fazer; nesse sentido, agindo assim, isso

retoma o caráter inclusivo e acolhedor que devem ser presentes dentro de um processo avaliativo que deve partir como iniciativa do professor, pois é ele quem é, na expressão utilizada por Luckesi (2000), o “adulto da relação” (LUCKESI, 2000, p. 6). Não somente cabe ao professor ensinar a interpretar, mas também orientar em quais providências tomar.

Retomando o trabalho desenvolvido por Vidotto, Laburú e Barros (2005), os autores desenvolveram um diário em forma de tabela para que o professor pudesse descrever a rotina da turma de modo a permiti-lo acompanhar os aspectos Conceituais, Atitudinais e Procedimentais (CAP) dos estudantes. A ideia é usá-la para “buscar uma forma complementar de avaliar o aluno e que melhor valide a sua avaliação tradicional” (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 80). O preenchimento da tabela se deu levando em conta as discussões, opiniões e ações pessoais de cada educando e dos grupos, sendo que algumas questões foram discutidas com os próprios estudantes, permitindo-os se autoavaliarem e reverem seus posicionamentos.

Prosseguem descrevendo que a contagem de pontos foi feita de acordo com o desempenho que o estudante apresentou durante as atividades, preenchendo a tabela CAP com um sinal de mais (+) se o estudante tivesse um aspecto positivo e desejado frente à sua aprendizagem; e com um sinal de menos (–), caso tenha deixado de apresentar estes mesmos aspectos. Em cada encontro, fossem eles aulas geminadas ou não, utilizaram uma única tabela, que dispunha de 11 itens CAPs a serem avaliados para cada aluno, “(...) em que os dois primeiros se constituem de quatro itens e o último por três (...)” (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 81). Os autores explicam que a construção da planilha,

No que se refere ao exame dos conceitos, a avaliação alternativa esforça-se em observar a precisão das ideias, a riqueza dos argumentos, se o aluno generaliza ou mantém coerência de pensamento, obtido, preferencialmente, através do discurso falado, mas também do escrito. No âmbito das atitudes a avaliação alternativa trata de examinar se o aluno interage com outros alunos ou com o professor, se ele se empenha, se engaja nas atividades, participa espontaneamente, mantém respeito aos colegas e ao professor. No âmbito dos procedimentos, o interesse da avaliação alternativa vira-se para os momentos da realização das atividades experimentais (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 80).

Embora a planilha não seja trazida no artigo, abaixo inferimos sua construção, a título de ilustração, baseado no que os autores descrevem em seu trabalho.

Quadro 3 – Exemplificação de como seria a planilha para avaliação dos aspectos CAP de uma única aula.

Acompanhamento da aula n° XX													
Nome do estudante	Item avaliado	Conceitual				Atitudinal				Procedimental			Total diário
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Estudante número 01 da chamada		+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	5
Estudante número 02 da chamada		+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	8
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Estudante enésimo da chamada		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11

Fonte: Elaboração própria.

Como no bimestre em que a dinâmica de avaliação foi utilizada dispunha de 14 unidades de ensino, no final período tiveram então um total de 14 tabelas, o que totalizou 154 itens para cada estudante. Desse modo, a nota do estudante foi normalizada com o número máximo de elementos positivos capaz de conquistarem. Isso é, aquele que preencheu toda a tabela com o “sinal de mais” atingiu a nota máxima de 10,0 pontos e as demais foram proporcionais a isso (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005). Assim, se, por exemplo, a nota for 5,0, significa dizer que houve 77 sinais positivos para o estudante; havendo 100 símbolos de mais, a nota correspondente seria de 6,5 e assim por diante.

Precisamos deixar claro que não estamos ignorando, em momento algum, as questões estruturais, sociais e econômicas da profissional docente na realidade de alguns cenários educacionais brasileiro, que muitas vezes são compostos por salas superlotadas, diferentes capitais culturais e grandes diferenças socioeconômicas entre os estudantes – e entre os próprios professores também, fazendo com que trabalhem com carga horária alta para compensar os baixos salários –, etc. Assim, compreendemos que empreender uma atividade semelhante a que os autores elaboraram não é algo simples de se fazer. Não estamos aqui colocando esse exemplo como forma prescritiva, nem mesmo os autores a apresentam como tal, e trazemos apenas como uma possibilidade de uma proposta diferenciada para se fazer uma avaliação somativa. O caro professor deverá analisar suas possibilidades de trabalho para decidir como proceder.

Embora a utilização de uma avaliação alternativa possa gerar um pouco de resistência, não somente pelo cenário que descrevemos acima, mas por conta daqueles estudantes mais reservados, tímidos e introspectivos, que normalmente não dão se com atividades colaborativas e em grupo, preferindo trabalharem sozinhos, Vidotto, Laburú e Barros (2005) não perceberam diferença de desempenho entre a avaliação tradicional e a alternativa no grupo que trabalharam através da metodologia utilizada. Isso, é, aqueles estudantes que tiveram uma boa nota na avaliação alternativa, geralmente, também não tiveram uma boa nota no modo tradicional (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005). Hoffmann (2009) ainda nota que uma face positiva

sobre avaliações alternativas é percebida ao passo que os estudantes transmitem menos ansiedade, nervosismo e expectativas do dia das provas tradicionais. Consonante a isso, Laburú, Silva e Vidotto (2005) lembram que os sistemas de avaliações tradicionais, sejam com datas de provas previamente marcadas ou não – os ditos testes surpresa – não costumam mostrar o real potencial de conhecimento e dedicação dos estudantes em função dessa ansiedade.

Os autores ainda lembram que o uso constante e imediato dos *feedbacks*, presentes em suas avaliações alternativas, foi proveitoso para os estudantes.

Esse benefício aconteceu à medida que o apontamento das fontes de erros fez com que se propiciassem esclarecimentos e encorajamentos para uma forma mais efetiva de aprender do que simplesmente informar ao aluno sobre o seu resultado obtido ou fazer comentários genéricos. A avaliação, nesse enfoque mais global, retoma o seu significado mais verdadeiro que é o de diagnosticar e orientar para melhorar (LABURÚ; SILVA; VIDOTTO, 2005, p. 39)

Vidotto, Laburú e Barros (2005) ainda realçam o potencial que esse método alternativo tem de minimizar a atuação de “(...) fatores externos como sorte, cola ou quaisquer outras formas de burla, pois o aluno tem que demonstrar que é interessado, que sabe utilizar-se do aspecto cognitivo, da manipulação com instrumentos, assim como mostrar que quer aprender (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 85). Por fim, os autores ainda concluem que ela “(...) se relaciona com a qualidade do aprender à medida que traz, como novidade, os meios de realizá-la, dentro de uma visão mais ampla, já que abrange um conjunto de valores e prioridades que transcendem as rotinas parametrizadas pelas avaliações mais ortodoxas” (VIDOTTO; LABURÚ; BARROS, 2005, p. 87).

Enfim, nossa intenção, frente ao que dissemos, não é de recriminar o uso de avaliações somativas. Mas alertar sobre o mal uso que muitas vezes se faz delas nas salas de aula, aparecendo como uma avaliação que carece de clareza nos objetivos que devem nortear o processo de ensino e aprendizagem. Para Moraes (2008) os propósitos de “identificação das dificuldades apresentadas e decisões que podem ser tomadas para superá-las e assim progredir na aprendizagem” (MORAES, 2008, p. 53) tornam-se rasos quando a clareza em seus objetivos está ausente. Sabendo usá-las, as notas podem colaborar com a aprendizagem, no sentido de servir como parâmetro, ou até mesmo uma espécie de diagnóstico, para sabermos o que fazer e qual decisão tomarmos de acordo com o aprendizado identificado de nossos estudantes. Nesse sentido, Luckesi (2011) nos aponta que a questão em si não está essencialmente no instrumento, mas sim na maneira como são utilizados. Isto é, fundamentalmente o problema não está em sobre aplicarmos nossas provas e testes com questionários dissertativos, objetivos ou misto,

mas da maneira de como fazemos uso deles, de sua correção e dos dados gerados através dessa correção; a questão está na postura do professor. Destacamos ainda que, em entrevista, Luckesi esclarece que quando traz a avaliação como um ato inclusivo e amoroso, devemos tomar cuidado para não confundi-la

(...) nem com pieguice e nem com paixão (...), exatamente porque a gente não tem estribeira na paixão, faz loucura; não é isso! Nem a pieguice em que a gente diz assim: 'ah! Tudo está certo!', 'tudo está ótimo'. O ato amoroso é um ato de acolhimento. Na medida que eu incluo um educando com as dificuldades que ele tem, com as dúvidas que ele tem, com os limites que ele tem, eu o incluo; isso que é o ato amoroso. E mais do que isso: eu estar ciente de que meu papel é estar dando suporte para que essa criança, ou esse adolescente ou esse adulto se desenvolva mais, mais senhor de si, mais autônomo, mais independente (LUCKESI, 2015)

Por fim, o autor conclui que

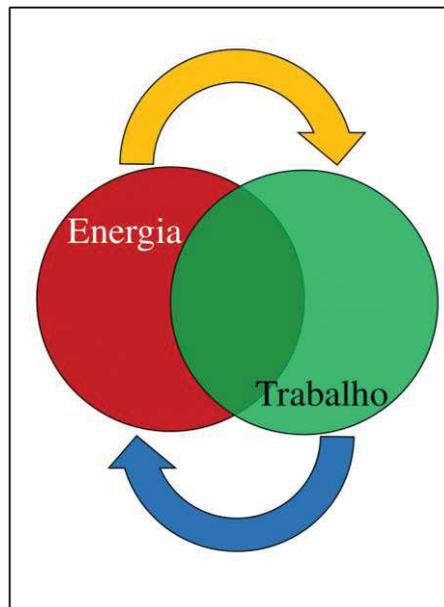
O ato de avaliar, por sua constituição mesma, não se destina a um julgamento "definitivo" sobre alguma coisa, pessoa ou situação, pois que não é um ato seletivo. A avaliação se destina ao diagnóstico e, por isso mesmo, à inclusão: destina-se à melhoria do ciclo de vida. Deste modo, por si, é um ato amoroso. Infelizmente, por nossas experiências histórico-sociais e pessoais, temos dificuldades em assim compreendê-la e praticá-la. Mas... fica o convite a todos nós. É uma meta a ser trabalhada, que, com o tempo, se transformará em realidade, por meio de nossa ação. Somos responsáveis por esse processo (LUCKESI, 2005, p. 180).

Cabe, então, a nós educadores, o compromisso com todo o processo e não apenas com os resultados. Para isso, precisamos saber com clareza o que objetivamos ao ensinar e avaliar; cabe-nos a sabedoria e sensibilidade de não utilizarmos a avaliação como mecanismo de exclusão e opressão.

### 3. TRABALHO E ENERGIA

Alguns conceitos na Física não são simples de se definir, mesmo que tenhamos uma boa representação matemática para descrevê-las. E é isso que acontece com as definições para energia e trabalho, que, muitas das vezes, nos fazem entrar numa descrição alternada: definimos energia em função do trabalho e trabalho em função da energia. Por exemplo, Nussenzveig (2002) diz que energia “(...) é a capacidade de produzir trabalho” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 109); Halliday, Resnick e Walker (2012) afirmam que trabalho é a “única forma de transferência de energia” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 145). Nessas citações, notamos uma relação íntima, interligada e quase que cíclica entre os dois temas – mais adiante mostraremos que as relações matemáticas, a unidade e as grandezas envolvidas nos seus equacionamentos mostram essa interseção entre os assuntos.

Figura 1 – Representação alegórica da relação entre os conceitos e grandezas de energia e trabalho.



Fonte: Elaboração própria.

O conceito de energia era desconhecido de Isaac Newton e sua existência era ainda fonte de debates na década de 1850. Embora familiar, a energia é de difícil definição, porque ela é tanto uma “coisa” quanto um processo – semelhante tanto a um pronome quanto a um verbo. Percebemos a energia nas coisas apenas quando ela está sendo transferida ou transformada (HEWITT, 2015, p. 113).

Para mais, antes da Mecânica Clássica ser consolidada, haviam outros conceitos e equacionamentos que ainda não estavam bem definidos. Vários pensamentos de Aristóteles perduraram por aproximadamente 2.000 anos sem questionamento por seus seguidores

(HEWITT, 2015). Ele acreditava, por exemplo, que a força sofrida por um corpo sofria estava ligada ao produto de sua massa e sua velocidade, e não sua variação, como nos trouxe Newton; em outras palavras, Aristóteles acreditava que todo corpo em movimento estava submetido a uma força (NUSSENZVEIG, 2002). Todavia, pelas leis de Newton (NEWTON, 2016), vemos que um corpo pode estar em movimento sem ação de uma força ou com a totalidade delas se anulando, contrariando os ensinamentos do filósofo grego.

Além de força, outros conteúdos demoraram a ser bem consolidados. No século XVIII, a natureza do “*oomph*”, como era chamada energia naquela época, era um dos temas foco de grandes discussões (HEWITT, 2015). Alguns cientistas, em especial os ingleses, acreditavam que quando um corpo estava em movimento, era ela que se relacionava com o produto entre massa e velocidade. Todavia, outros cientistas, como Leibniz, acreditavam que essa energia do movimento que um corpo possuía se associava ao produto da massa e o quadrado de sua velocidade (HEWITT, 2015).

No meio de todas essas divergências, o protagonismo na solução dessa questão foi da senhora Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil. Mais do que a marquesa de Châtelet-Laumont e esposa do filósofo iluminista François-Marie Arouet, mais conhecido pelo seu pseudônimo Voltaire, foi uma das maiores cientistas francesas. Ela foi uma polímata: era versada em Ciência, filosofia, teologia e línguas; foi “a primeira pessoa a traduzir o *Principia*, de Newton, para o francês” (HEWITT, 2015, p. 110).

Hewitt (2015) nos traz que, para colocar fim na controvérsia a respeito do “*oomph*”, Émilie du Châtelet, realizou um experimento utilizando uma pequena esfera de bronze e argila. Quando a bolinha de metal caía e batia sobre o barro, ela deixava um pequeno buraco. O que ela fez, então, foi aumentar a altura de que o corpo era abandonado, fazendo com que a velocidade<sup>20</sup> do impacto entre a esfera e a argila dobrasse e em seguida triplicasse. Se a relação fosse linear, como os ingleses acreditavam, a profundidade da perfuração deveria, respectivamente, dobrar e em seguida triplicar. Entretanto, o que o experimento dela mostrou foi que a profundidade quadruplicava e nonuplicava, respectivamente.

Como sabemos, o equacionamento não é finalizado com o produto entre massa e o quadrado da velocidade, ainda havendo um fator igual à  $\frac{1}{2}$  multiplicando tudo isso. Contudo, ela comprovou a relação quadrática, e não linear, entre a velocidade e o “*oomph*”, que posteriormente foi chamado de energia cinética.

---

<sup>20</sup> As relações entre altura e velocidade já eram conhecidas e elucidadas desde Galileu (NUSSENZVEIG, 2002).

Embora consigamos saber quais grandezas se relacionam com a energia e como elas se relacionam, conceituá-la, no entanto, como mostramos no início do capítulo, ainda segue como algo pouco simples, mas “(...) a ideia está tão arraigada em nosso cotidiano que praticamente a aceitamos sem definição” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2007, p. 282). Alguns autores, inclusive, não trazem a discussão conceitual sobre o tema, partindo direto para uma explicação matemática – entendemos que umas das possíveis explicações para isso é a época em que o livro foi escrito e o seu público-alvo –. O professor Goldemberg (1970), por exemplo, para introduzir o teorema da conservação de energia, nos conta sobre controvérsia entre Descartes e Leibniz a respeito de “(...) qual é a ‘verdadeira’ medida de uma força: aquela dada pela variação de momento (...) ou uma outra em que  $\vec{F}$  é dada pela variação de alguma grandeza ligada ao módulo  $|\vec{v}|$  da velocidade e não da sua direção” (GOLDEMBERG, 1970, p. 143 - 144), mas não traz uma descrição conceitual para energia.

Sobre toda essa discussão a respeito do que é energia e as grandezas que a envolvem, podemos dizer que existe uma grandeza no universo que tem um número atribuído à ela, indicando sua quantidade, que, “(...) se for definido adequadamente, esse número pode ser usado para prever os resultados de experimentos (...)” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 145) e eventos, permitindo a construção dos diversos tipos de máquinas. Nesse mesmo sentido, Irodov (1980) aponta que

A experiência mostra que se as leis das forças que agem sobre as partículas de um sistema e o estado do sistema em um determinado momento inicial são conhecidas, as equações de movimento podem ajudar a prever o comportamento subsequente do sistema, isto é, descobrir seu estado em qualquer momento (IRODOV, 1980, p. 72, tradução nossa).

Com relação a isso, Feynman (2008) ainda diz que

Existe um fato, ou se você preferir, uma lei que governa todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde sabemos. A lei é chamada de conservação da energia. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. (Algo como o bispo na casa branca que, após um número de lances – sem sabermos os detalhes – ele continua na casa branca. Essa é uma lei da natureza dele.) Uma vez que essa é uma ideia abstrata, ilustraremos seu significado por uma analogia (FEYNMAN, 2008, p. 53).

Apesar da discussão que apresentamos neste capítulo, entendemos que ainda estamos no ouroboros entre o conceito de energia e trabalho. Para tentarmos fugir desse ciclo, iremos, então, tomar a energia da maneira como trouxemos no início deste capítulo, isto é, como sendo a capacidade de se produzir trabalho (GONÇALVES, 1967; NUSSENZVEIG, 2002; SCHAUM, 1964); e trabalho como sendo “(...) o esforço exercido sobre algo que fará sua energia variar” (HEWITT, 2015, p. 110). Sendo assim, antes de avançarmos nos estudos sobre energia, iremos primeiro expandir esse conceito trazido por Hewitt (2015) sobre trabalho e a partir dele retomaremos a discussão sobre a energia mecânica e sua conservação. Assim, nosso ponto de partida será apresentar o conceito de trabalho como algo relacionado ao esforço, isto é, o empenho, o afincamento ou a dedicação para a realização de algo. E esse esforço não necessariamente precisa ser realizado por uma pessoa. Ou seja, esse esforço está relacionado com uma força aplicada sobre um corpo; assim, podemos falar do esforço da interação provocada por uma pessoa, uma máquina, um campo ou qualquer outro elemento que esteja exercendo uma força sobre o corpo. Assim, na Física, quando falamos do trabalho, estamos nos referindo ao trabalho de uma força e não do agente que a exerce.

### 3.1 TRABALHO DE UMA FORÇA

Em uma situação hipotética, podemos imaginar o cenário de um quarto, em que temos uma cômoda que estava em uma posição – Figura 2 (a) – e depois a vemos em outra posição – Figura 2 (b). Na imagem temos a cômoda embaixo de alguns enfeites automotivos presos na parede e depois podemos vê-la escondendo os tijolos que expunham a parede descascada, como mostrado abaixo. Podemos, então, nos indagar como ocorreu esse deslocamento.

Figura 2 – Mudança no quarto. (a) Cômoda abaixo dos enfeites automotivos. (b) Cômoda escondendo o descascado.



Fonte: Elaboração própria.

Diz a primeira Lei de Newton que “todo corpo continua em seu estado repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (NEWTON, 2016, p. 53). Portanto, podemos dizer que sozinha a cômoda não se transladou! Então, se não foi um processo autóctone<sup>21</sup>, foi, então, necessário ocorrer uma interação, ou seja, uma atitude recíproca entre dois entes, no caso, entre a cômoda e mais algo ou alguém. A essa interação capaz de mudar o estado de movimento de um corpo, damos o nome de força. Uma possibilidade dessa interação é alguém tê-la empurrado, como mostramos na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Cômoda sendo empurrada.



Fonte: Elaboração própria.

O que percebemos pela ilustração acima é que a interação entre o homem e a cômoda provocou um deslocamento no corpo. Quando isso ocorre, dizemos que a força exercida pelo homem sobre a cômoda realizou um trabalho. Numa maneira mais simplista, é esse o conceito físico de trabalho.

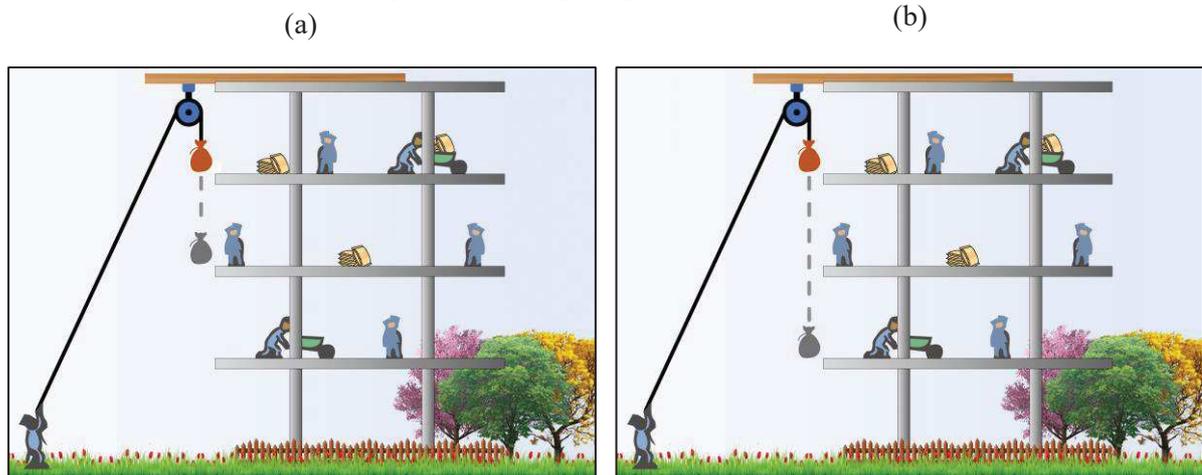
Precisamos ainda fazer uma ressalva semântica para não confundirmos a palavra trabalho no seu uso cotidiano, que quer dizer exercício físico ou mental, com sua definição na

<sup>21</sup> O termo autóctone origina no grego e a raiz da palavra se refere àquilo que é proveniente do próprio solo. Dessa forma, a expressão pode se referir (i) àquele ou àquilo que é natural de um país ou região, como povos aborígenes e indígenas; (ii) da mesma forma pode se referir também à elementos culturais; (iii) Na linguística diz-se da primeira língua que se falou em um país; (iv) na geologia, o termo indica a rocha cujos constituintes se formaram no local; (v) na medicina tem o sentido de algo formado ou originado no local onde é encontrado, como por exemplo um coágulo autóctone (HOUAISS; VILLAR, 2009). Estamos nos apropriando do termo e estendendo seu significado para nos referir a um processo de um corpo que produz uma força sobre si mesmo.

Física, que, como exploraremos mais adiante e já preanunciamos, significa transferência de energia mecânica (HEWITT, 2015; SEARS *et al.*, 2008).

Como discutimos anteriormente, há autores que trazem uma relação entre trabalho e o esforço. Analisando as situações abaixo, podemos entender um pouco melhor isso.

Figura 4 – Pacote sendo erguido em uma obra. (a) Um único pacote sendo erguido por um andar. (b) Um único pacote sendo erguido por dois andares.

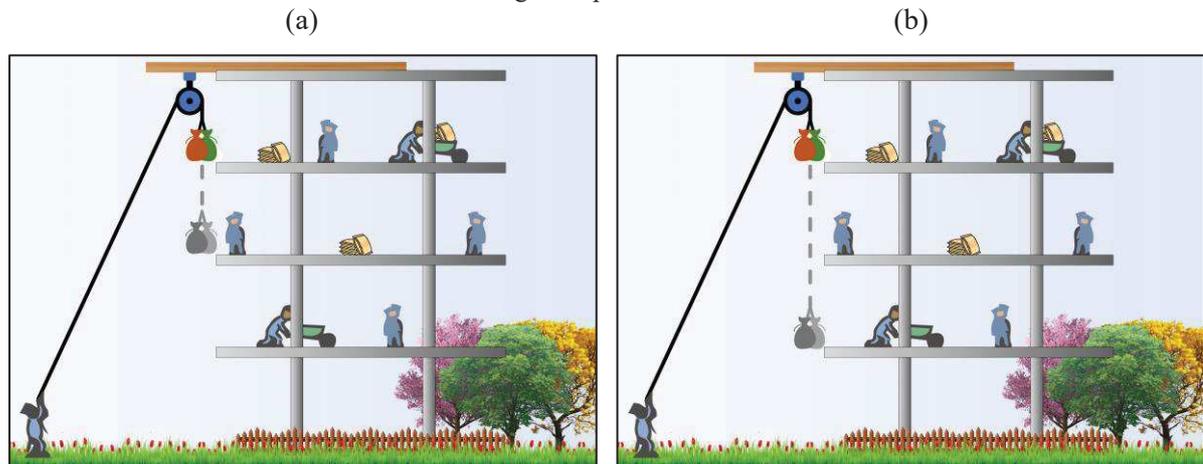


Fonte: Elaboração própria.

Partindo da premissa de que nas situações ilustradas temos que o pacote é erguido com uma velocidade constante, ao compararmos as duas situações mostradas na Figura 4, podemos dizer que o empenho demandado pelo operário ao puxar a corda para erguer a carga (esforço) foi maior na segunda situação, já que ele subiu o pacote por mais andares. Nos termos da Física, dizemos que o trabalho realizado pela força exercida pelo operário foi maior na Figura 4 (b) do que na Figura 4 (a).

Mantendo a premissa de que os pacotes são erguidos com uma velocidade constante, podemos dizer que o mesmo acontece com a situação ilustrada da Figura 5 (a) para na Figura 5 (b); o esforço foi maior naquela em que o saco foi erguido de modo a sofrer um deslocamento maior.

Figura 5 – Pacotes sendo erguidos em uma obra. (a) Dois pacotes sendo erguidos por um andar. (b) Dois pacotes sendo erguidos por dois andares.



Fonte: Elaboração própria.

Podemos, então, dizer que o trabalho realizado por uma força e o deslocamento são diretamente proporcionais entre si. Existem algumas diferenças de notação para se representar o trabalho; alguns autores utilizam a letra  $W$  para representá-lo, enquanto outros utilizam a letra grega  $\tau$  (tau), a qual será aqui utilizada. Assim, podemos escrever que

$$\tau \propto \Delta S. \quad (1)$$

Outra análise que podemos fazer, ainda sob condição de que os pacotes estão sendo suspensos com uma velocidade constante, é comparar as situações mostradas na Figura 4 (a) e na Figura 5 (a). Nelas temos as cargas sendo erguidas pelo mesmo número de andares, ou seja, sofrendo o mesmo deslocamento. Todavia, o operário precisará empenhar-se mais na situação ilustrada na Figura 5 (a), pois a carga que ele ergue é maior, isto é, seu esforço foi maior. Isso nos permite dizer que seu trabalho foi maior. Assim, é possível afirmar também que o mesmo acontece ao compararmos a Figura 4 (b) com a Figura 5 (b). Considerando as quatro situações descritas, somos capazes de inferir que o esforço foi maior naquela em que houve uma maior carga a ser elevada por mais andares. Assim, conseguimos, então, relacionar o trabalho com o módulo da força que é exercida sobre o corpo, que decerto, são diretamente proporcionais, isto é,

$$\tau \propto F. \quad (2)$$

Todavia, essas não são as únicas variáveis a se levar em consideração. Temos também que dar atenção à direção em que a força é aplicada. Para compreendermos melhor isso, retomaremos a situação descrita na Figura 2, em que tínhamos a cômoda sendo deslocada de uma posição para outra. Uma outra possibilidade que tínhamos para mudar a cômoda de lugar seria ela ser puxada por uma corda como mostra a Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Cômoda sendo puxada pela corda.

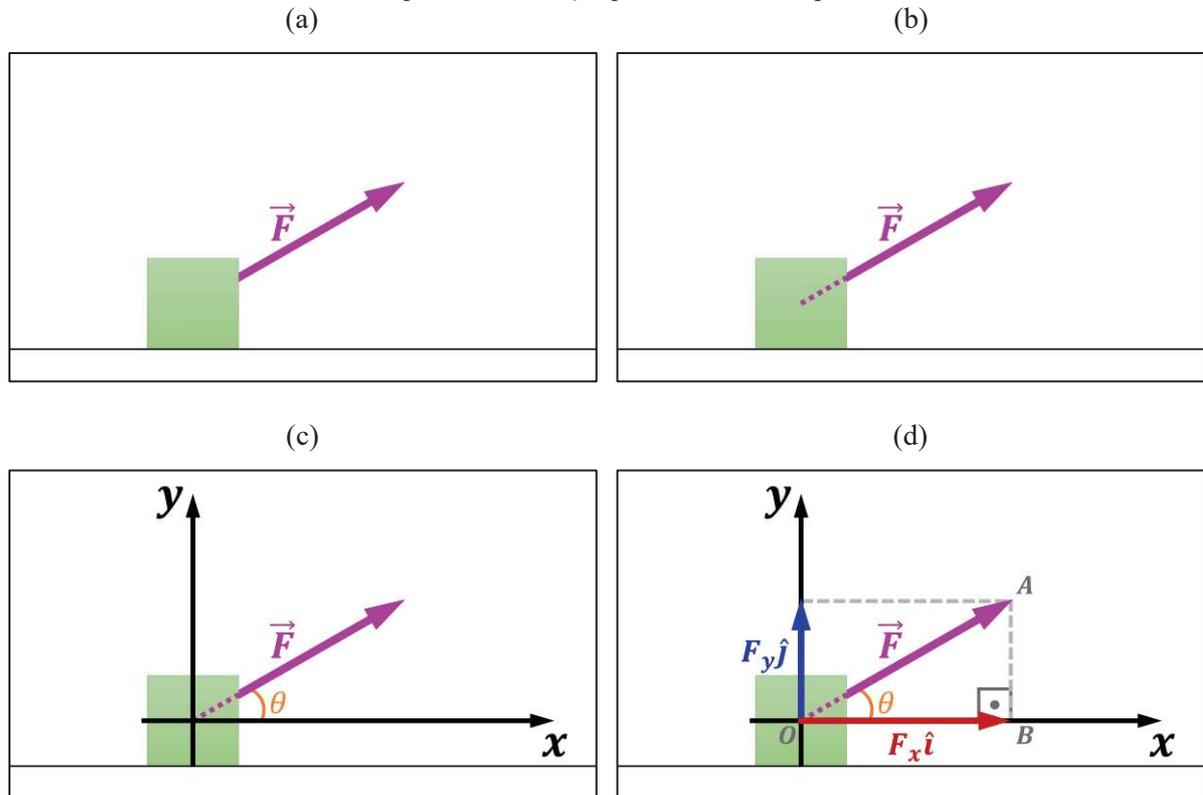


Fonte: Elaboração própria.

Contudo, na situação ilustrada na Figura 6, perceberemos que uma parcela da força não é responsável pelo deslocamento da cômoda que se deu apenas na direção horizontal durante todo o trajeto; isto é, a força não está sendo utilizada em sua totalidade para provocar o deslocamento do corpo. Em termos físicos mais formais, o que queremos dizer com isso é que a força aplicada sobre a corda e que é transferida, total ou parcialmente, para a cômoda, pode ser decomposta em duas partes: (i) uma componente na direção horizontal (eixo x), sendo a parcela da força responsável pelo deslocamento horizontal da cômoda; e (ii) a outra componente, na direção vertical (eixo y), que não contribui para o deslocamento horizontal.

Abaixo, apresentamos um esboço mais minimalista da Figura 6 para tentarmos descrever melhor a situação. Este não é um diagrama de forças, pois não representamos todas as forças que atuam sobre o corpo e nem o representamos por seu centro de massa. Suprimimos a representação da força peso ( $\vec{P}$ ), força normal ( $\vec{N}$ ) e a força de atrito ( $\vec{f}_{at}$ ) pois nosso interesse é em analisarmos a força  $\vec{F}$  que é aplicada sobre a cômoda.

Figura 7 – Etapas de decomposição para uma força. (a) Força inclinada aplicada ao corpo. (b) Prolongamento da força até o centro de massa do corpo. (c) Eixos cartesianos colocado sobre o centro de massa do corpo. (d) Componentes da força aplicada sobre o corpo.

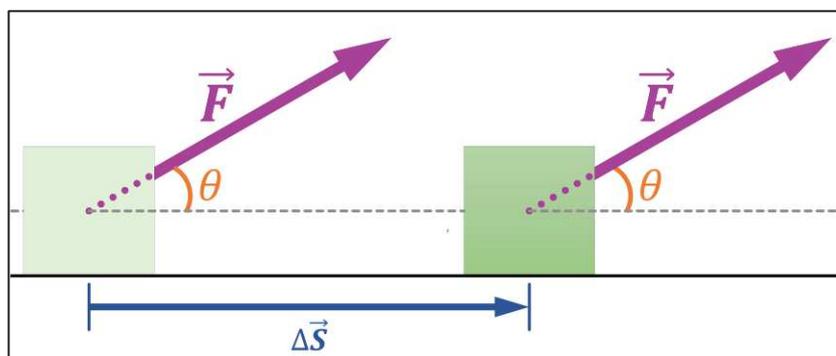


Fonte: Elaboração própria.

A componente da força que provoca o deslocamento é a componente horizontal, identificada na Figura 7 (d). O ângulo  $\theta$  mostrado é a inclinação entre a direção de aplicação da força e o vetor deslocamento. Através das relações trigonométricas no triângulo OBA da Figura 7 (d) acima, temos então que

$$F_x = F \cdot \cos\theta. \quad (3)$$

Figura 8 – Força  $\vec{F}$  com uma inclinação  $\theta$  sendo aplicada sobre um copo e provocando um deslocamento  $\Delta\vec{S}$ .



Fonte: Elaboração própria.

Assim, retomando as relações de proporcionalidade identificadas nas equações (1) e (2), podemos dizer que o trabalho realizado por uma força constante exercida sobre um corpo e que provoca um deslocamento deste corpo, por exemplo, na direção horizontal como ilustrado na Figura 8 acima, tem seu valor calculado por

$$\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos\theta. \quad (4)$$

Assim, notamos então que o trabalho não depende apenas da intensidade da força que é aplicada e do deslocamento que ela provoca nesse corpo, mas também da direção que esta força é aplicada, isto é, do ângulo entre a força aplicada e o deslocamento. Por fim, temos então que o trabalho possui seu valor numérico expresso pelo produto entre os módulos de duas grandezas vetoriais,  $\vec{F}$  e  $\Delta\vec{S}$ , e o cosseno do ângulo formado entre os vetores que as representam, como indicado na equação (4). Assim, o trabalho é uma grandeza escalar definida matematicamente por

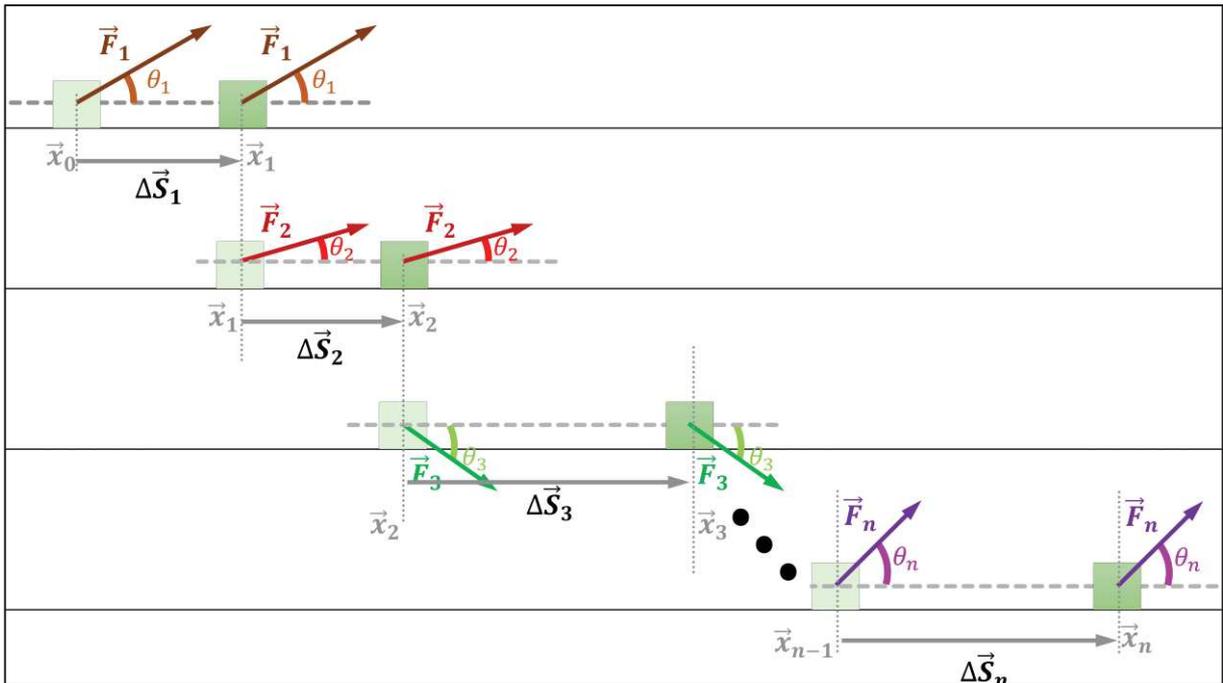
$$\tau = \vec{F} \cdot \Delta\vec{S}. \quad (5)$$

Contudo, essa análise só é válida para uma força de magnitude e direção constantes. Se essa força for variável, temos que analisar o trabalho com o valor da força  $\vec{F}$  e sua direção em cada deslocamento ocorrido.

Na Figura 9 abaixo, temos a representação de uma força constante  $\vec{F}_1$ , que tem uma direção fixa  $\theta_1$  e que provoca um deslocamento  $\Delta\vec{S}_1$ , transladando o corpo da posição  $\vec{x}_0$  para  $\vec{x}_1$ ; desse modo, a força  $\vec{F}_1$  realiza um trabalho  $\tau_1$ . Num segundo momento, temos a presença de  $\vec{F}_2$ , com uma direção  $\theta_2$  e que provoca um deslocamento  $\Delta\vec{S}_2$ , movendo o corpo da posição  $\vec{x}_1$  para  $\vec{x}_2$ ; isso caracteriza a realização de um trabalho  $\tau_2$  neste intervalo. Adiante, observamos  $\vec{F}_3$  na direção  $\theta_3$  realizando um deslocamento  $\Delta\vec{S}_3$  – fazendo o corpo se mover da posição  $\vec{x}_2$  para  $\vec{x}_3$  –; isso produz um trabalho  $\tau_3$ . Se seguirmos esse raciocínio indefinidamente, teremos uma força enésima  $\vec{F}_n$  com sua respectiva direção  $\theta_n$ , provocando seu respectivo deslocamento  $\Delta\vec{S}_n$  até o corpo atingir sua posição final  $\vec{x}_n$ . Desse modo, o trabalho total será dado pela soma do trabalho realizado em cada deslocamento, isto é,

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n. \quad (6)$$

Figura 9 – Representação discreta de uma força variável provocando um deslocamento em um corpo.



Fonte: Elaboração própria.

Assim, podemos transformar a expressão (6) acima em

$$\tau = \sum_{i=1}^n F_i \cdot \Delta S_i \cdot \cos \theta_i. \quad (7)$$

Se fizermos esses deslocamentos tenderem a zero, teremos infinitos deslocamentos da posição inicial ( $x_0$ ) até a final ( $x_n$ ). Dessa maneira, o trabalho será expresso por

$$\tau = \sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} \lim_{\Delta S \rightarrow 0} (F_i \cdot \Delta S_i \cdot \cos \theta_i). \quad (8)$$

Nesse sentido, o somatório representado em (8) pode ser transformado na integral que define o trabalho para uma força qualquer, seja ela constante ou não, que provoca um incremento de deslocamento  $d\vec{x}$  fazendo o corpo se mover de sua posição inicial ( $x_i$ ) até a final ( $x_f$ ), de modo que

$$\tau = \int_{x_i}^{x_f} \vec{F}(x) \cdot d\vec{x}. \quad (9)$$

Todavia, essa equação representa uma análise unidimensional. Se a extrapolarmos para o  $\mathbb{R}^3$ , teremos que cada incremento  $d\vec{x}$  é uma parte infinitesimal de uma curva  $C$  qualquer que descreve a trajetória do corpo que sofreu a ação da força  $\vec{F}$ . Desse modo, a equação apresentada em (9) passa a ser uma integral de linha sobre uma curva

$$\tau = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{S}. \quad (10)$$

A unidade do trabalho que expressa o esforço para uma força provocar um deslocamento em um corpo, conforme mostrado em (5) e (11), é definida como o produto da unidade de força pela unidade de deslocamento, isto é,

$$[\tau] = [\vec{F}] \cdot [d\vec{S}]. \quad (11)$$

Assim, a unidade de trabalho será dada por

$$[\tau] = N \cdot m. \quad (12)$$

O produto entre essas duas unidades, newton<sup>22</sup> e metro, presta homenagem ao físico britânico James Prescott Joule (1818–1889), de modo que a unidade de trabalho é o joule

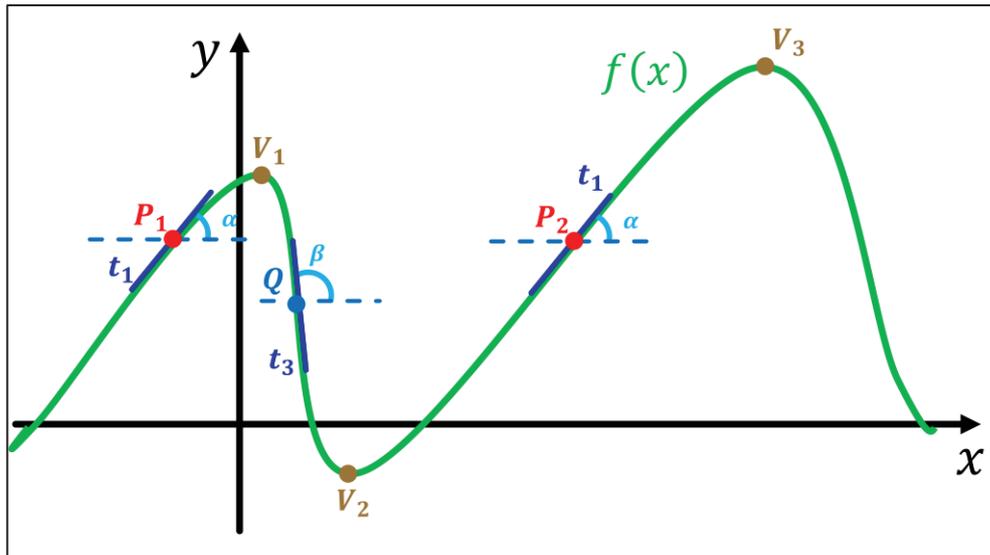
$$[\tau] = J \text{ (joule)}. \quad (13)$$

Uma análise que podemos fazer acerca do trabalho de uma força é através do gráfico da força versus deslocamento. Em vários gráficos podemos obter informações importantes através do cálculo da tangente e/ou da área. O valor numérico da tangente em um ponto do gráfico de uma função é obtido pela derivada da função naquele ponto. Embora o estudante secundarista não tenha conhecimento do cálculo diferencial, ele pode fazer uma análise qualitativa da inclinação da reta tangente num ponto do gráfico da função considerada. Na Figura 10 abaixo,  $V_1$  e  $V_3$  são pontos de máximo local e  $V_2$  é um ponto de mínimo local, pontos onde a derivada é igual à zero, ou seja, a reta tangente nesses pontos é paralela ao eixo  $x$ ;  $P_1$  e  $P_2$  são pontos genéricos que, na ilustração, apresentam a mesma inclinação da reta tangente, isto é, a função  $f(x)$  possui a mesma derivada nesses dois pontos; no ponto  $Q$  a inclinação da reta tangente é maior que em  $P_1$  e  $P_2$ , indicando que a variação da função no entorno deste ponto possui um módulo maior do que em  $P_1$  e  $P_2$ ; essa inclinação no ponto  $Q$  indica que a função é decrescente entre os pontos  $V_1$  e  $V_2$ . Por outro lado, a inclinação da reta tangente nos pontos  $P_1$  e  $P_2$  indica que a função é crescente no entorno destes pontos.

---

<sup>22</sup> O nome da unidade de uma grandeza segue a regra gramatical para nome comum. Isso é, é escrito com letra minúscula quando no meio da frase, mesmo que seja em homenagem à uma personalidade e traga seu nome. Todavia, a abreviação ou sigla dessa unidade é expressa em letra maiúscula. Por exemplo, no Sistema Internacional de Unidades (SI), temos a força expressa em newton e representada por N; a frequência é expressa em hertz, abreviado por Hz; a capacitância é dada em farad e simbolizada pelo F, em homenagem a Michael Faraday; etc.

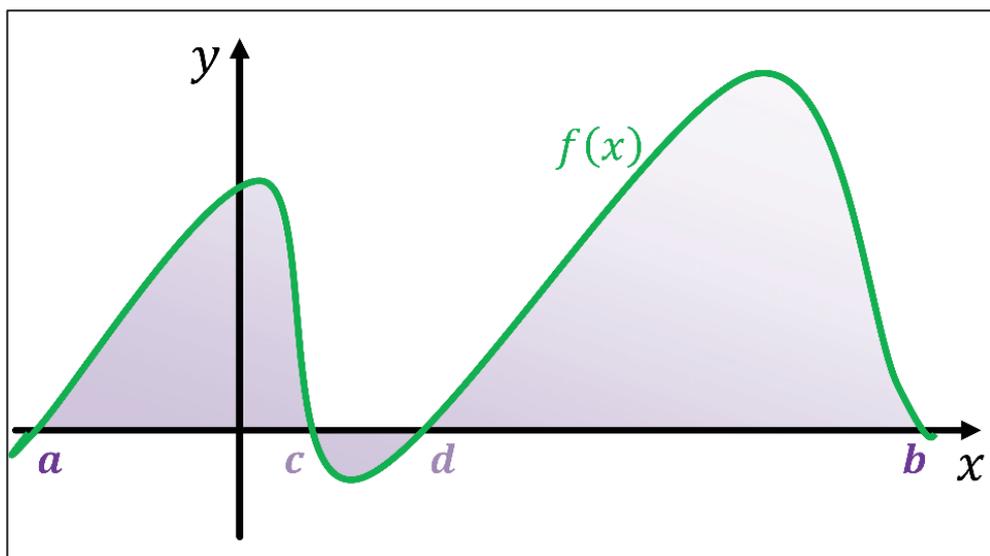
Figura 10 – Gráfico com pontos destacados para análise de derivada.



Fonte: Elaboração própria.

A área compreendida no intervalo  $[a; b]$  como mostrada na Figura 11 abaixo é obtida pelo cálculo da integral da função  $f(x)$  tendo esses valores como limites de integração. Na verdade, é importante termos em mente que é justamente essa a interpretação geométrica da integral definida: a área entre a curva e o eixo  $x$  delimitada pelos limites de integração. No exemplo abaixo, vale destacar que a área no intervalo  $[c; d]$  representa um número negativo. Desse modo, a integral entre os intervalos  $[a; b]$  é dada pela soma da área nos intervalos  $[a; c]$  e  $[d; b]$  menos a área da região no intervalo  $[c; d]$ .

Figura 11 – Gráfico com área destacada.



Fonte: Elaboração própria.

Especificamente, no gráfico da força versus o deslocamento, como a área nos fornece uma grandeza que resulta do produto entre as duas, então, a área nesse gráfico nos fornece o trabalho realizado pela força que desloca o corpo de uma posição  $S_i$  para  $S_f$ .

Como dissemos anteriormente, temos consciência que o cálculo diferencial e integral não faz parte do cotidiano dos estudantes secundaristas. Todavia, os estudantes já sabem como efetuar o cálculo de algumas figuras, como por exemplo retângulos, triângulos, losangos, trapézios, círculos, etc. Em casos que o gráfico seja uma figura mais complexa, há algumas atividades que o professor pode desenvolver com a turma, se assim julgar pertinente e dispor de tempo e material.

Podemos pegar, por exemplo, a região compreendida entre a curva e o eixo  $x$ , conforme temos na Figura 11 acima. Se quiséssemos determinar o valor de sua área, a imprimiríamos em um papel e recortariamos a região pintada que desejamos saber o valor. Com o auxílio de uma balança de precisão, como por exemplo as que joalheiros usam, que podem ser encontradas com facilidade e possuem preços acessíveis, a figura seria pesada. Sabendo-se a gramatura do papel usado, podemos estimar o valor da área; se a densidade do papel for desconhecida ou o professor desejar explorar um pouco mais, ele pode passar como atividade que os estudantes a determinem através de figuras já conhecidas<sup>23</sup>.

Pode ser interessante desenvolver essa atividade para começar a introduzir de maneira sutil a interpretação de integral, que pode ser usado para diversas aplicações. Dentro do nosso tema, poderia ser usada para calcular o trabalho de uma força variável, plotando o valor da força aplicada ao corpo e a respectiva posição. Esse pode ser um exercício, por exemplo, para mostrar o trabalho da força elástica, que abordaremos mais adiante.

Retomando a equação (4) podemos perceber que o trabalho realizado por uma força pode ter um valor positivo, negativo ou nulo. Isso dependerá da direção em que a força atua em relação à direção do deslocamento.

Se a componente da força na direção do deslocamento tiver o mesmo sentido do deslocamento do corpo, isto é, se o ângulo entre força e deslocamento for tal que  $-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$ , teremos um cosseno com valor positivo, o que produzirá um trabalho também positivo. Dizemos, nesse caso, que a força realiza um trabalho motor ou trabalho potente. Todavia, se a componente da força tiver sentido oposto ao deslocamento do corpo, isto é, se o ângulo entre

---

<sup>23</sup> Alguns materiais, como Scartazzini, Silva e Silva (2005), Sitherenn e Luz (2013) e a atividade proposta na Aula 12 por Barros (2002), apresentam o detalhamento dessa atividade. Outras formas de trabalhar esse assunto ser encontradas no trabalho de Pereira (2020).

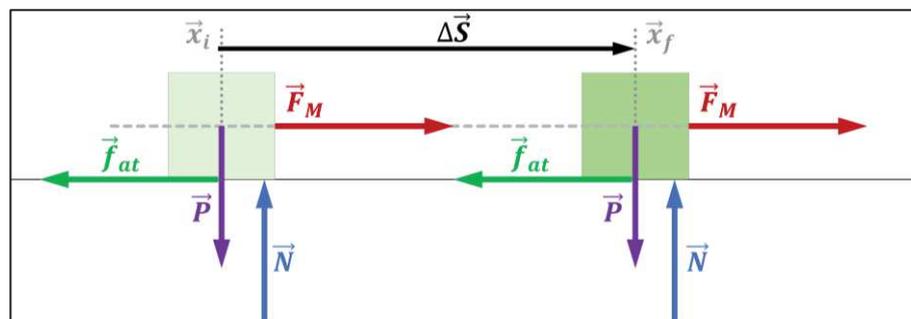
força e deslocamento for tal que  $\frac{\pi}{2} < \theta < -\frac{\pi}{2}$ , teremos um cosseno com valor negativo e o trabalho realizado também será negativo. Dizemos, então, que a força exerce um trabalho resistente. Mais adiante discutiremos que a força de atrito ( $\vec{f}_{at}$ ) realiza esse tipo de trabalho. Sucintamente, podemos dizer que o trabalho motor da força contribui para o corpo acelerar e o trabalho resistente para o corpo desacelerar; o trabalho motor está relacionado a um movimento acelerado, enquanto o resistente a um movimento retardado.

Outra análise que podemos fazer na (4) é quando teremos o resultado igual a zero. Como vimos, o trabalho pode ser descrito matematicamente por um produto de três grandezas. Desse modo, para que ele seja nulo, basta que pelo menos uma delas seja igual à zero.

A primeira lei de Newton que apresentamos anteriormente nos diz que se um corpo estiver se movendo com velocidade constante, a força resultante que atua sobre ele é nula (NEWTON, 2016). Isso quer dizer que ou não há forças atuando sobre ele, ou o somatório de todas forças que atuam sobre ele se anula.

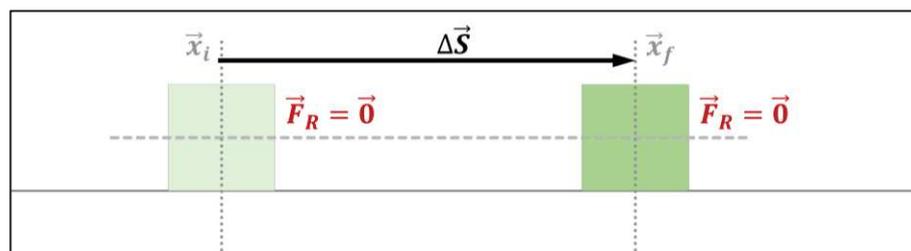
Embora saibamos que algumas forças não são pontuais, como a força normal e a força de atrito ilustrada na Figura 12, optamos pela representação mostrada abaixo somente para indicar em que região do corpo essa interação acontece.

Figura 12 – Força resultante nula: forças atuando sobre um corpo que sofre um deslocamento  $\Delta\vec{S}$



Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 – Força resultante nula: somatório das forças que atuam sobre um corpo que sofre um deslocamento  $\Delta\vec{S}$ .



Fonte: Elaboração própria.

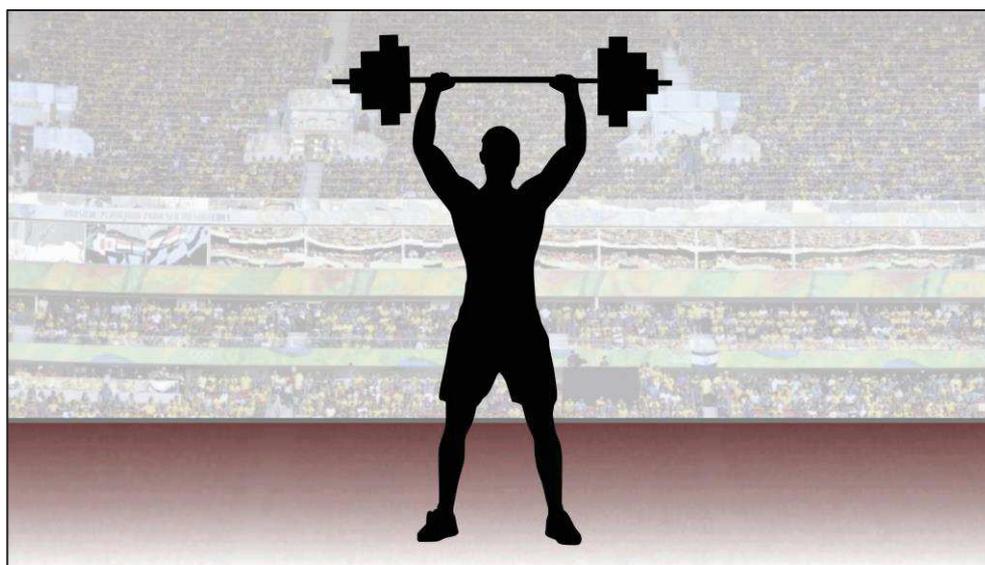
A força motriz  $\vec{F}_M$  realiza um trabalho potente. Como a  $\vec{f}_{at}$  nesse exemplo possui a mesma direção e módulo, mas sentido oposto, seu trabalho será igual ao de  $\vec{F}_M$ , contudo, será resistente, de modo que o trabalho resultante, isto é, o trabalho total, dado pela soma dos trabalhos será nulo, conforme a expressão (6).

Para termos o trabalho resultante, podemos, ao invés de calcular o trabalho individual de cada força e somarmos, como fizemos acima e em (6), calcular a força resultante e então o trabalho realizado por ela. Sendo a força resultante nula, ao aplicarmos em (5) ou (10) encontraremos um trabalho nulo.

Outra análise que podemos fazer na equação (4) é quando o corpo estiver parado. Também pela primeira lei de Newton (NEWTON, 2016), podemos dizer que se um corpo estiver em repouso, há apenas duas possibilidades: (i) ou o corpo sofre a ação de uma força resultante nula ou (ii) não há força atuando sobre ele. Ao aplicarmos o deslocamento nulo em (5) ou (10) encontraremos o trabalho nulo.

Uma questão que merece uma atenção particular neste caso, pois a explicação está longe de ser trivial, é quando um halterofilista ergue seu haltere. O atleta desloca o corpo do chão até uma certa altura, fazendo determinada força. Assim, podemos dizer que houve realização de trabalho. Contudo, a partir do momento em que ele terminou o movimento de levantar o haltere e o manteve parado, como mostramos na Figura 14 abaixo, não há trabalho algum sendo realizado sobre o haltere enquanto este estiver em repouso. Pelo simples fato do haltere não se mover, o trabalho realizado pela força para mantê-lo em repouso é zero.

Figura 14 – Halterofilista.



Fonte: Elaboração própria.

Mas se o trabalho está relacionado ao esforço, como dizer que uma pessoa não se esforça para manter o corpo suspenso, já que ela fica muito cansada com a atividade?

(...) Fazendo isso, ela pode realmente ficar muito cansada, mas se o haltere não se mover pela força que a halterofilista exerce, esta não estará realizando trabalho algum sobre o haltere. O trabalho está sendo feito sobre os músculos, esticando-os e contraindo-os, o que é força vezes distância numa escala biológica, mas esse trabalho não é realizado sobre o haltere (...) (HEWITT, 2015, p. 111).

Como vimos que o trabalho pode ser calculado através de um produto escalar (5), a última variável que pode aparecer para que ele seja nulo está relacionada com a direção que a força tem em relação ao deslocamento. Na equação (4), essa relação é expressa através do cosseno do ângulo entre elas. Assim, se ele for zero, consequentemente, o trabalho será nulo. Mostramos abaixo em (14) a condição que temos para o cosseno ser nulo.

$$\cos\theta = 0 \Rightarrow \theta = \cos^{-1}(0) \therefore \begin{cases} \theta = \frac{\pi}{2} \\ \text{ou} \\ \theta = -\frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (14)$$

Isso quer dizer que se a força for perpendicular ao deslocamento, ela nada contribui para ele e, desse modo, ela não realiza trabalho.

Na Figura 12 acima temos um corpo que sofre um deslocamento horizontal. Nela mostramos a atuação do peso ( $\vec{P}$ ), formando um ângulo de  $-\pi/2$  com o deslocamento, e da força de contato normal ( $\vec{N}$ ), que forma um ângulo de  $\pi/2$ . Isso quer dizer que ambas não realizam trabalho nesse exemplo. Um outro exemplo de força perpendicular ao deslocamento e que, portanto, não realiza trabalho, é a força resultante centrípeta num movimento circular.

O trabalho de uma força que merece uma atenção especial é o da força peso<sup>24</sup>. Imaginemos pegar um objeto, como uma bola de futebol, e o jogarmos para cima. No caso da bola, ilustrada abaixo, ela mantém seu voo por um tempo, como mostra a Figura 15, temos duas situações possíveis: ou a bola está subindo ou está descendo.

---

<sup>24</sup> Tendo em vista o exposto anteriormente na Introdução desta dissertação, vamos apresentar a teoria sobre o trabalho de uma força por meio de exemplos específicos e, portanto, não faremos aqui uma discussão do ponto de vista mais amplo, que considere uma força qualquer dependente da posição.

Figura 15 – Bola no ar.

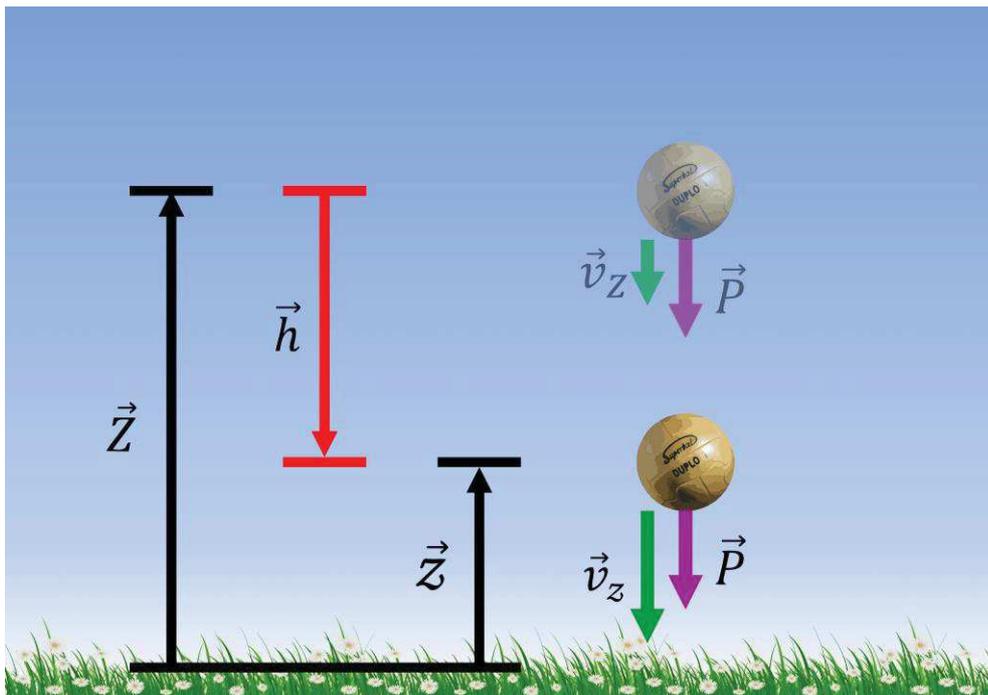


Fonte: Elaboração própria.

Assim, analisaremos as duas situações separadamente. A bola pode estar caindo, como mostrado na Figura 16, ou subindo, como ilustra a Figura 17. Para as duas situações, estamos considerando o mesmo módulo de deslocamento,  $h$ . O que diferencia uma situação da outra é a posição final e inicial. Quando a bola estiver caindo, teremos o deslocamento vertical expresso por:

$$\vec{h} = z\hat{k} - Z\hat{k} \quad (15)$$

Figura 16 – Corpo em queda livre.

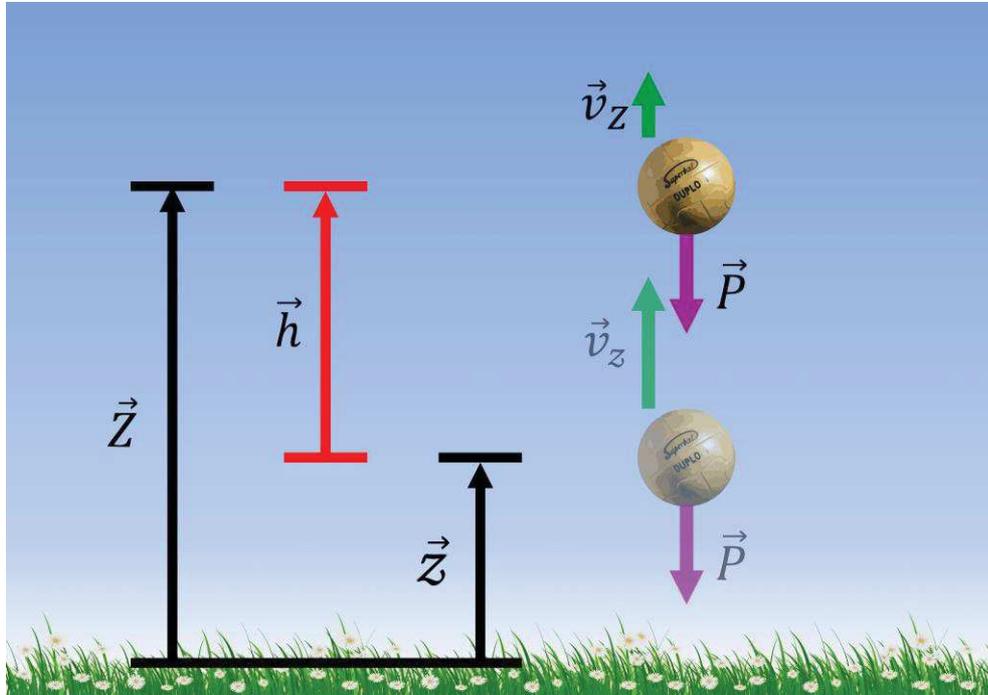


Fonte: Elaboração própria.

Quando a bola estiver subindo, o deslocamento será:

$$\vec{h} = Z\hat{k} - z\hat{k} \quad (16)$$

Figura 17 – Corpo lançado verticalmente para cima.



Fonte: Elaboração própria.

Nas duas situações, seja a bola descendo ou subindo, a força peso que atua sobre a bola será a mesma, com direção vertical e sentido para baixo. Seguindo a mesma notação das equações (15) e (16), podemos escrever que

$$\vec{P} = -mg\hat{k}. \quad (17)$$

Utilizando a definição matemática para o trabalho que chegamos em (5) e (4), teremos

$$\tau = \vec{P} \cdot \vec{h}. \quad (18)$$

Daí, o produto escalar para descida e utilizando a expressão matemática que permite calcular o trabalho realizado pela força peso, teremos

$$\tau = -mg\hat{j} \cdot (z - Z)\hat{k}. \quad (19)$$

$$\tau = -mg(z - Z). \quad (20)$$

Considerando o mostrado na Figura 16, a diferença entre parênteses na equação (20) representa um número negativo, de modo que o trabalho realizado pela força peso na queda da bola será positivo ou motor.

Por outro lado, usando o produto escalar para a subida, encontraremos

$$\tau = -mg\hat{j} \cdot (Z - z)\hat{k}, \quad (21)$$

que resulta em

$$\tau = -mg(Z - z), \quad (22)$$

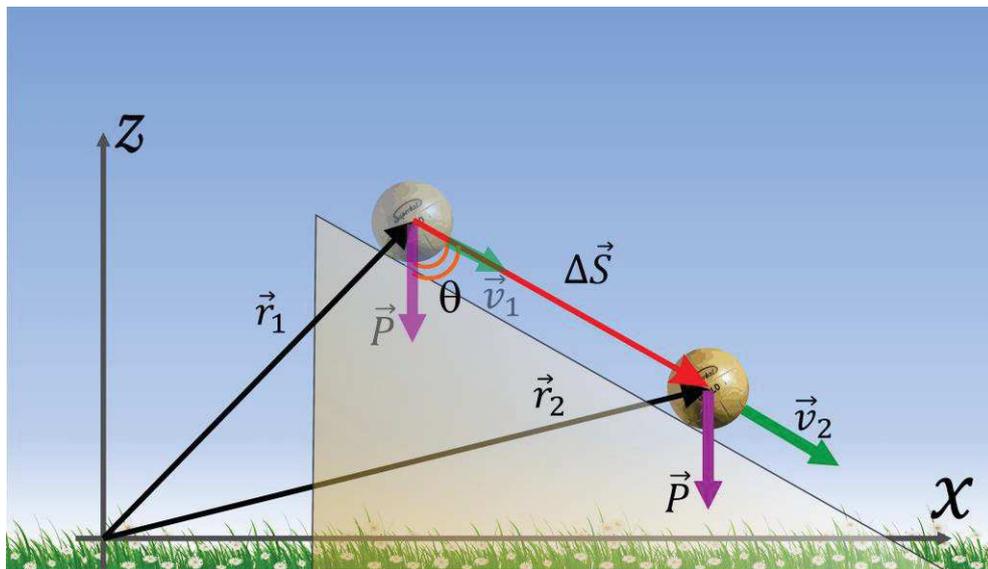
que claramente é um número negativo, uma vez que, observando a Figura 17, a diferença indicada entre parênteses é número positivo. Assim, o trabalho realizado pela força peso no movimento de subida da bola será negativo ou resistente.

Fazendo a análise de sinal do trabalho realizado pela força peso através de (20) e (22), podemos dizer que quando um corpo está em queda o trabalho da força peso é motor e quando um corpo é lançado para cima, o trabalho é resistente; ou seja, ele é positivo na descida e negativo na subida. Isso quer dizer que é a força peso que irá retardar o movimento de um corpo que é lançado para o alto, fazendo-o ficar mais lento, e irá acelerá-lo durante a queda, fazendo-o ficar mais rápido.

Podemos ainda, ao invés de analisarmos o trabalho da força peso na vertical, o analisarmos em uma trajetória inclinada, em que o objeto pode estar subindo uma rampa, conforme mostrado na Figura 19 abaixo ou então descendo o plano inclinado como mostrado na Figura 18.

Aplicando a equação (4) para o peso nessa situação (descendo) teremos

Figura 18 – corpo descendo um plano inclinado sendo acelerado pela força peso.



Fonte: Elaboração própria.

$$\tau = P \cdot \Delta S \cdot \cos\theta. \quad (23)$$

Mas, na descida, temos

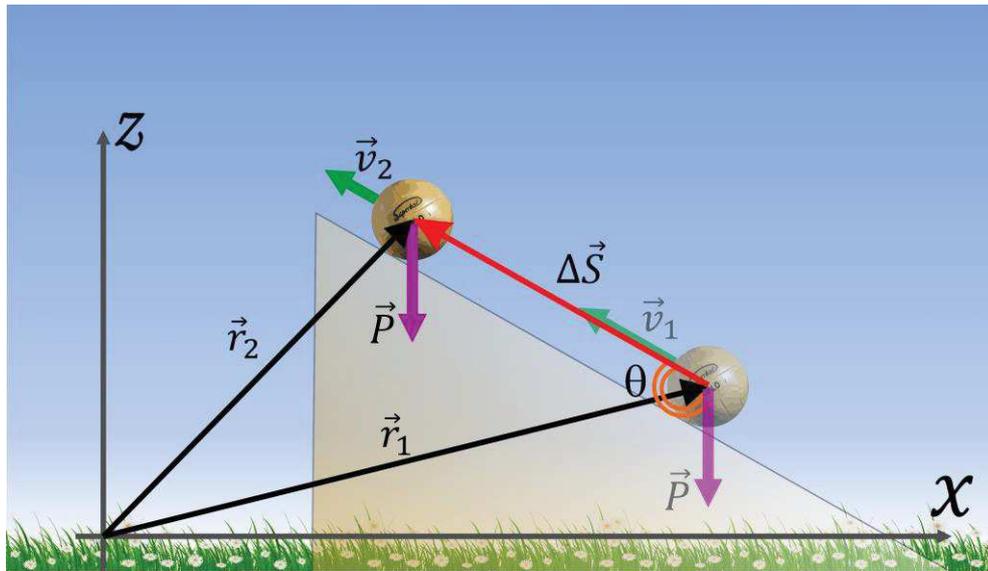
$$\Delta S \cdot \cos\theta = h, \quad (24)$$

portanto, o trabalho será

$$\tau = mgh. \quad (25)$$

Quando aplicando a equação (4) para o corpo que estiver subindo teremos

Figura 19 – Corpo subindo um plano inclinado e desacelerando devido à força peso.



Fonte: Elaboração própria.

$$h = \Delta S \cdot \cos(\pi - \theta), \quad (26)$$

o que nos dará o trabalho

$$\tau = -mgh. \quad (27)$$

Podemos perceber que independente do corpo estar caindo verticalmente ou em uma trajetória inclinada, o trabalho é motor e será expresso pela equação (25). Caso o corpo esteja em ascensão vertical, seja perpendicular à horizontal, seja em uma trajetória inclinada, o trabalho é resistente e é expresso por (27).

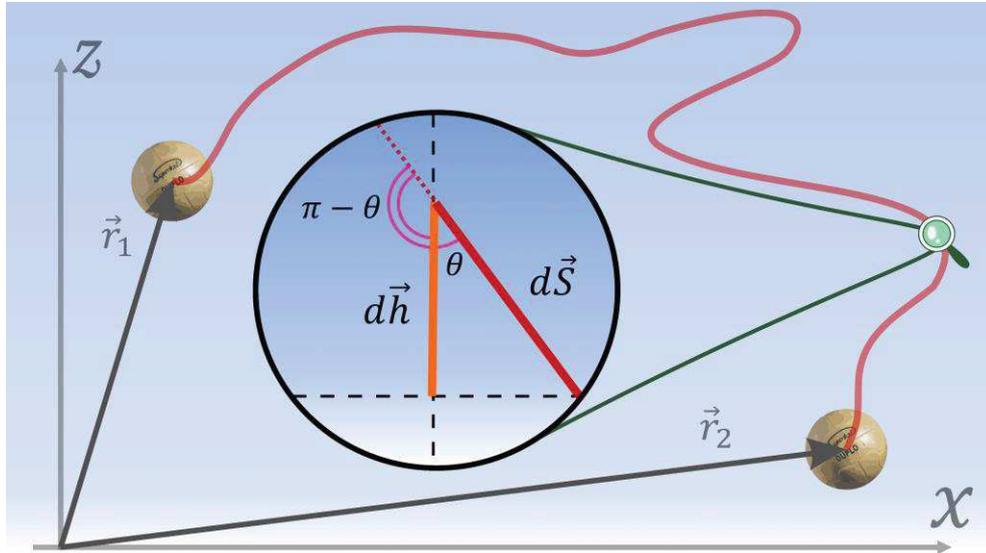
Se aprofundarmos a discussão e analisarmos o trabalho da força peso ao longo de uma trajetória qualquer, devemos utilizar a equação (10), sendo o peso a força atuante sobre o corpo, de modo que

$$\tau = \int_C \vec{P} \cdot d\vec{S}. \quad (28)$$

E como a força peso possui módulo constante para regiões próximas à superfície da terra, podemos escrever

$$\tau = mg \int_{r_i}^{r_f} \cos\theta \cdot dS. \quad (29)$$

Figura 20 – Análise do deslocamento incremental  $d\vec{S}$ .



Fonte: Elaboração própria.

Ao analisarmos o deslocamento do corpo em uma trajetória qualquer, como ilustrado na Figura 20 acima, percebemos que o ângulo  $\theta$  varia. Todavia, ao observamos o incremento desse deslocamento, temos que

$$\cos\theta = \frac{dh}{dS}. \quad (30)$$

Assim, ao combinarmos a equação (29) com a (30), teremos que

$$\tau = mg \int_{r_i}^{r_f} \frac{dh}{dS} \cdot dS, \quad (31)$$

o que resulta em

$$\tau = mg \int_{r_i}^{r_f} dh. \quad (32)$$

Mas o resultado dessa integral é exatamente o desnível  $h$  entre as duas posições, que corresponde ao deslocamento na direção vertical. Assim, temos que o trabalho da força peso mesmo em uma trajetória qualquer também é descrito por (20).

Se procuramos o trabalho da força peso sobre uma trajetória qualquer enquanto o corpo estiver subindo, teremos

$$\tau = -mg \int_{r_i}^{r_f} \cos\theta \cdot dS, \quad (33)$$

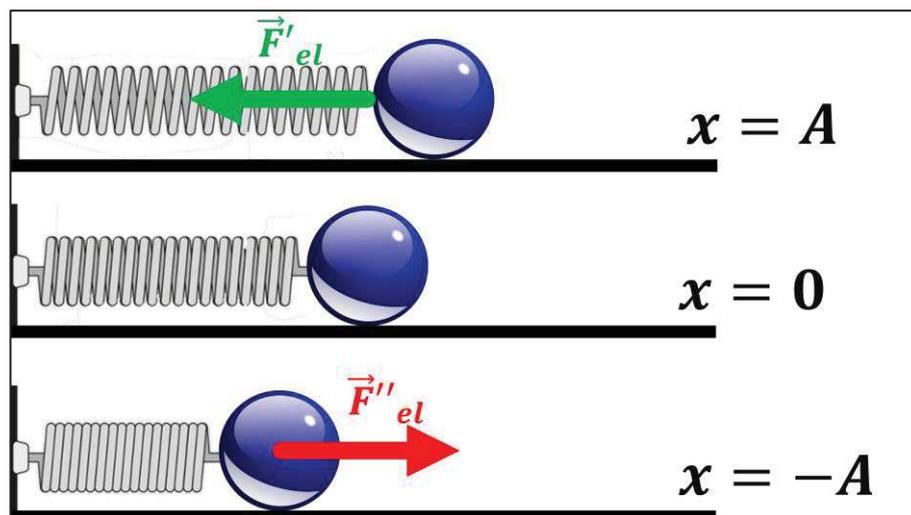
que ao procedermos os mesmos passos descritos acima para a queda, nos levaria novamente à equação (22).

No caso da força peso percebemos que independente da trajetória descrita pelo corpo, seja ela uma linha reta vertical, uma linha reta inclinada ou uma curva qualquer, durante a queda o trabalho realizado sempre poderá ser expresso pela mesma equação (20) e durante a subida por (22). Quando o trabalho realizado por uma força não depende da trajetória, dizemos que estamos lidando com uma força conservativa. São exemplos desse tipo de força, além da força peso, a força eletrostática e a força elástica, a qual será discutida a seguir.

Sobre a força elástica, podemos dizer que trabalho realizado por essa força pode ser calculado pela integral de (9), em que  $x_i$  e  $x_f$  representam respectivamente a posição inicial e final da mola, de modo que sua deformação é definida por:

$$S = x_f - x_i \quad (34)$$

Figura 21 – Força elástica.



Fonte: Elaboração própria.

Retomando (9) e particularizando-as para a força elástica, teremos

$$\tau = \int_{x_i}^{x_f} F \cdot dS \cdot \cos\theta . \quad (35)$$

A força elástica é variável e tem módulo definido por

$$F_{el} = k \cdot S . \quad (36)$$

No caso em que a deformação da mola está aumentando, isto é, a mola está sendo esticada ou comprimida, a força elástica exercida pela mola será sempre antiparalela ao deslocamento, o que significa dizer que o ângulo  $\theta$  entre eles é  $\theta = \pi \text{ rad}$ . Combinando (35) e (36), teremos:

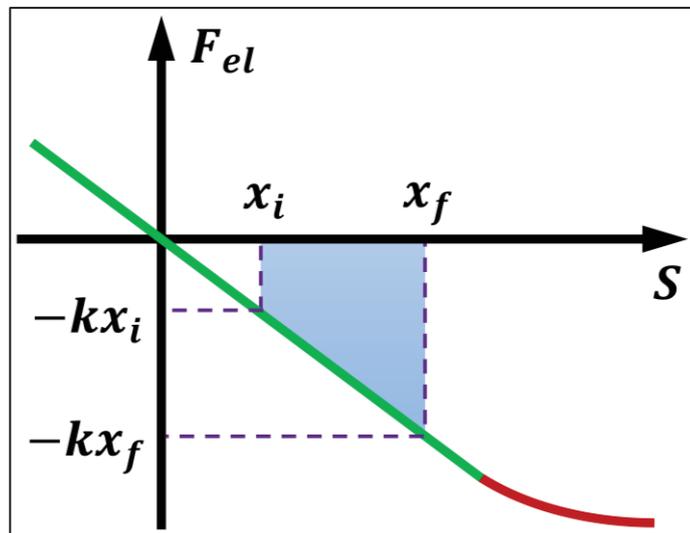
$$\tau = \int_{x_i}^{x_f} k \cdot S \cdot \cos(\pi) \cdot dS. \quad (37)$$

Neste caso, vamos nos limitar à faixa de linearidade da força elástica, isto é, ao caso em que a constante característica da mola possui um valor fixo. Desse modo, podemos escrever que

$$\begin{aligned} \tau &= -k \int_{x_i}^{x_f} S \cdot dS \\ \tau &= -k \cdot \left( \frac{S^2}{2} \right) \Big|_{x_i}^{x_f} \\ \tau &= -\frac{k}{2} \cdot [(x_f)^2 - (x_i)^2]. \end{aligned} \quad (38)$$

A Figura 22 abaixo mostra o gráfico da força elástica de um corpo que sofre uma deformação de uma posição  $x_i$  até  $x_f$ . A linha bordô se refere à parte que a mola deformada deixa de ter resposta linear; a região destacada se refere ao trabalho da força elástica, que enquanto estiver atuando na região linear, será numericamente igual à área do trapézio destacado.

Figura 22 – Gráfico da força elástica.



Fonte: Elaboração própria.

A área do trapézio é definida por

$$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}, \quad (39)$$

onde que  $B$  é a base maior,  $b$  a base menor e  $h$  é a altura. Substituindo os valores referentes que estão mostrados na Figura 22, teremos:

$$A = \frac{[-kx_f + (-kx_i)] \cdot (x_f - x_i)}{2}. \quad (40)$$

Colocando o  $-k/2$  em evidência chegamos em:

$$A = -\frac{k}{2}(x_f - x_i) \cdot (x_f - x_i). \quad (41)$$

Por fim, ao resolvermos o produto notável, encontramos que:

$$A = -\frac{k}{2} \cdot [(x_f)^2 - (x_i)^2]. \quad (42)$$

Considerando o caso em que a deformação da mola está diminuindo, a força elástica atuará no mesmo sentido do deslocamento do corpo. Neste caso, utilizando os mesmos procedimentos adotados acima, obteremos exatamente um resultado análogo ao das equações (41) e (46), tanto do ponto de vista matemático, quanto de sua interpretação Física.

Se agora aplicarmos a equação (10) para a força de atrito, teremos:

$$\tau_{fat} = \int_C \vec{f}_{at} \cdot d\vec{S}. \quad (43)$$

Como a força de atrito depende da força de contato normal ( $N$ ) à superfície e do chamado coeficiente de atrito ( $\mu$ ), que determina suas características de rugosidade, teremos que

$$\tau_{fat} = \int_C \mu N \cdot \cos\theta \cdot dS. \quad (44)$$

Como no trecho analisado estamos considerando como constante o valor do coeficiente de atrito, podemos levá-lo para fora da integral. Como estamos considerando a normal também invariável<sup>25</sup>, podemos levá-la para fora também. Além disso, temos que a força de atrito, no caso do atrito estático, será contrária à tendência de deslizamento de uma superfície sobre outra e a força de atrito cinético será oposta ao deslizamento entre essas duas superfícies (como mostra a Figura 12). Desse modo, teremos  $\theta = \pi$  ao longo da trajetória descrita. Portanto, a equação (44) ficará

$$\tau_{fat} = -\mu N \int_C dS. \quad (45)$$

<sup>25</sup> Em alguns casos podemos ter a força normal variável: (i) como um corpo em um globo da morte; (ii) um corpo oco preenchido por um fluido que é arrastado e possui um orifício por onde o fluido escapa, como um veículo que à medida que se locomove tem o combustível consumido, diminuindo a força de contato normal; etc.

A integral da equação (45) acima expressa o comprimento da curva, isto é, da trajetória descrita pelo corpo (STEWART, 2016). Assim, podemos simplificar a equação acima para:

$$\tau_{fat} = -\mu N \cdot L, \quad (46)$$

em que  $L$  é a trajetória ao longo da curva  $C$ , isto é, a distância percorrida pelo corpo.

O sinal negativo nas equações (45) e (46) indica que o trabalho da força de atrito será sempre um trabalho resistente, o que provocará um movimento retardado no corpo caso seja a única força atuante sobre ele.

Para um corpo ir de uma posição à outra num espaço livre ele tem múltiplas opções de trajetórias (curva  $C$ ), sendo muitas com comprimentos diferentes, em que o menor caminho (dentro da geometria euclidiana) é expresso pelo deslocamento do corpo, que é a linha reta que une a posição inicial à final.

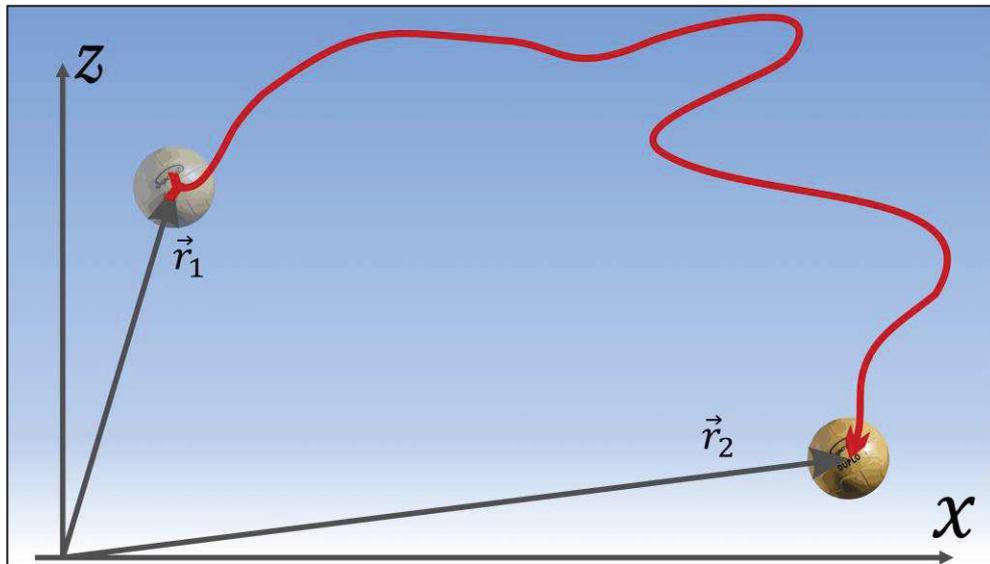
Nesse sentido, como podemos perceber através da equação (46) ou mais precisa e genericamente em (43), o comprimento a trajetória descrita pelo corpo interfere no trabalho realizado pela força de atrito. Quando isso acontece, dizemos que estamos lidando com uma força não conservativa. Isto é, uma força não conservativa é aquela que o trabalho por ela realizado depende da trajetória descrita pelo corpo.

Em um sistema onde todas as forças presentes são conservativas, o trabalho total realizado por essas forças em uma trajetória fechada é nulo. Isto é, ao aplicarmos a equação (10) para essa situação, teremos

$$\tau = \oint_C \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0. \quad (47)$$

Imaginemos um corpo que tenha descrito uma trajetória qualquer ao sair de um lugar e ir para outro, conforme mostra a Figura 23 abaixo.

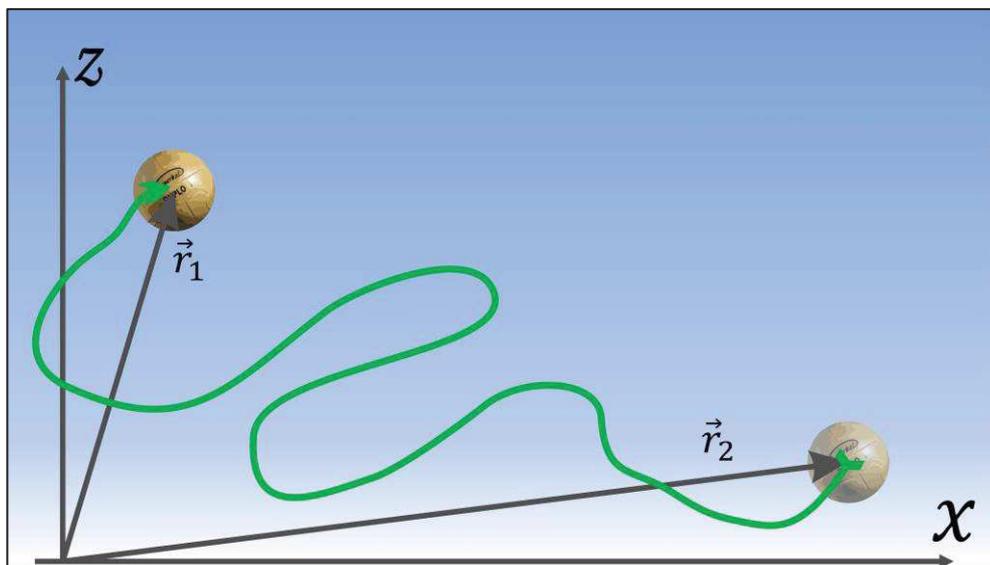
Figura 23 – Trajetória aleatória que um corpo sai da posição  $\vec{r}_1$  até  $\vec{r}_2$ .



Fonte: Elaboração própria.

Em seguida descreve uma outra trajetória qualquer para retornar ao local onde começou o seu movimento, tal como ilustrado na Figura 24 abaixo.

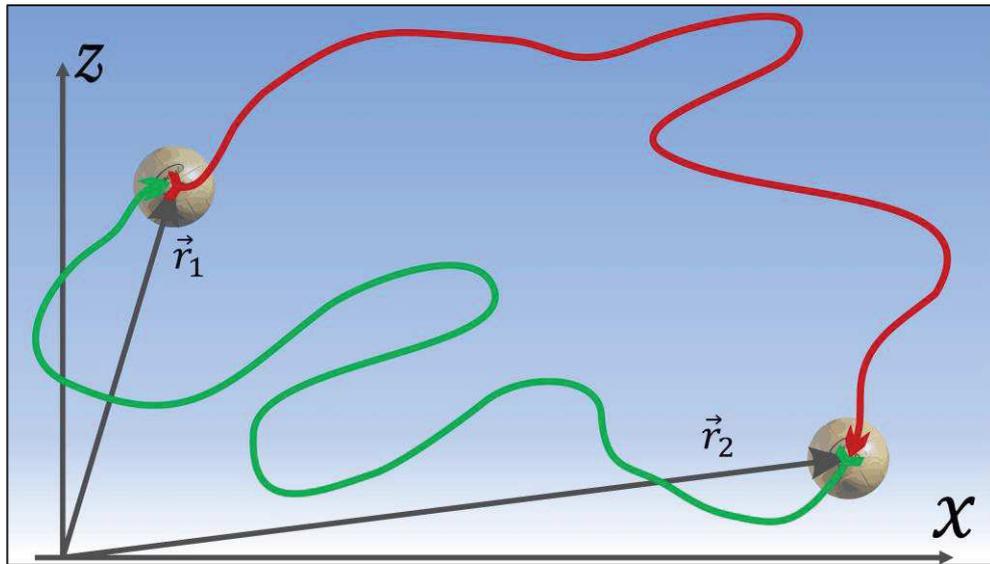
Figura 24 – Trajetória qualquer que um corpo abandona a posição  $\vec{r}_2$  e retorna para a posição  $\vec{r}_1$ .



Fonte: Elaboração própria.

Esse movimento é chamado de trajetória fechada. Isto é, uma trajetória fechada é aquela que o corpo sai de um lugar (origem) fazendo um caminho qualquer e depois volta ao local de origem, como trazemos na Figura 25 abaixo.

Figura 25 – As duas trajetórias juntas mostrando que o corpo retorna para sua posição de origem.



Fonte: Elaboração própria.

Analisando o trabalho de uma força conservativa nessa situação, percebemos que independente do caminho adotado pelo corpo, o trabalho terá o mesmo módulo tanto na ida quanto na volta, mas positivo quando estiver se movendo em um sentido e negativo quando estiver no outro. Assim, ao somarmos essas duas grandezas que possuem o mesmo módulo, mas sinais opostos, o resultado será zero. Essa situação foi exemplificada acima quando discutimos o trabalho realizado pela força peso, mas vale para todas as forças chamadas de conservativas.

### 3.2 ENERGIA

Conforme vimos, toda vez que um trabalho é realizado sobre um corpo é porque uma força resultante atuando sobre ele provocou um deslocamento. Além disso, pela segunda lei de Newton, podemos dizer que essa força resultante atuante sobre o corpo provocou uma variação na sua quantidade de movimento (NUSSENZVEIG, 2002) o que, conseqüentemente, ocasionou uma variação em sua velocidade – alterando aquilo que até o século XVII era chamado de “oomph” (HEWITT, 2015). Assim, podemos dizer que algo foi acrescentado ao corpo durante a realização do trabalho da força fazendo o corpo adquirir mais movimento, caso o trabalho da força seja motor, ou diminuindo, caso o trabalho seja resistente. A esse algo que foi acrescentado ou retirado damos o nome de energia.

Para erguer o pesado martelo de um bate-estacas, é necessário realizar trabalho, e, em consequência, o martelo adquire a propriedade de ser capaz de realizar trabalho sobre uma estaca abaixo, caindo sobre ela. Quando um arqueiro realiza trabalho para esticar um arco, este adquire a capacidade de realizar trabalho sobre a flecha. (...). Em cada caso, algo foi ganho. Esse “algo” dado ao objeto capacitou-o a realizar trabalho. Esse “algo” pode ser uma compressão nos átomos do material de um objeto; pode ser uma separação Física entre dois corpos que se atraem; pode ser uma redistribuição das cargas elétricas dentro das moléculas de uma substância. Esse “algo” que torna um objeto capaz de realizar trabalho é a energia<sup>26</sup> (HEWITT, 2015, p. 113).

O conceito de energia é bastante sutil, não sendo fácil defini-lo de forma simples. Para tentarmos uma facilitação na compreensão dessa ideia, abordamos primeiro o conceito de trabalho, para que ele pudesse servir de base para a construção e entendimento do que compreendemos como sendo energia. E dissemos construir não à toa, pois o conceito de energia é uma construção humana para interpretar fenômenos presentes na natureza que mantêm características de alguma quantidade cujo valor permaneça inalterado com a passagem do tempo e, como dissemos anteriormente, “(...) se for definido adequadamente, esse número pode ser usado para prever os resultados de experimentos (...)” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 145).

Para entendermos o que acontece com o movimento de um corpo quando uma força qualquer realiza um trabalho sobre ele, retomaremos a equação (10). Ela é o caso geral que pode ser aplicado a uma força variável (em módulo, direção e sentido) que, ao ser aplicada sobre um corpo, provoca um deslocamento, realizando um trabalho. Mas lembremos que pela segunda lei de Newton podemos escrever a força resultante aplicada sobre um corpo como sendo

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}, \quad (48)$$

que também pode ser escrita como

$$\vec{F} = m \cdot \frac{d^2 \vec{S}}{dt^2}. \quad (49)$$

Como a aceleração indica a taxa que a velocidade varia, então

$$\vec{F} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (50)$$

Assim, ao combinarmos a equação (10) com (50), teremos

---

<sup>26</sup> “Estritamente falando, aquilo que torna um objeto capaz de realizar trabalho é a sua energia disponível, pois nem toda a energia de um objeto pode ser transformada em trabalho” (HEWITT, 2015, p. 113).

$$\tau = \int_c m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{S}. \quad (51)$$

Todavia, a taxa de variação da posição em relação ao tempo é a própria velocidade do corpo, isto é,

$$\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{v}. \quad (52)$$

Sendo assim, podemos reescrever (51) como sendo

$$\tau = \int_c m \cdot \vec{v} \cdot d\vec{v}. \quad (53)$$

Considerando que a massa do corpo é constante, ao resolvermos a equação (53) e aplicarmos os limites de integração, encontraremos

$$\tau = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2. \quad (54)$$

Nesta equação,  $v_i$  é a velocidade inicial do corpo na sua posição inicial  $\vec{r}_1$  no instante inicial  $t_1$  e  $v_f$  é a velocidade final do corpo na sua posição final  $\vec{r}_2$  no instante final  $t_2$ .

Podemos ainda chamar cada termo de  $K$ , ou seja,

$$K = \frac{1}{2}mv^2, \quad (55)$$

de modo que

$$\tau = K_f - K_i. \quad (56)$$

Como estamos fazendo uma comparação de uma grandeza entre dois momentos, final e inicial, através de uma subtração, podemos dizer que estamos calculando sua variação. Assim, a equação (56) pode ser escrita como

$$\tau = \Delta K. \quad (57)$$

Quando essa variação é diferente de zero, podemos dizer que houve realização de trabalho da força resultante e, assim, algo foi acrescentado ou retirado do sistema fazendo sua velocidade e esse  $K$  variar; ela sendo nula, indica que o trabalho total realizado foi nulo, sendo traduzido como nada foi acrescentado ou retirado do sistema. Esse algo que foi ou não acrescentado é aquilo que chamamos de energia. Como essa energia está relacionada ao movimento do corpo, damos a ela o nome de energia cinética. Assim, falarmos em energia cinética significa dizer que há uma energia atribuída ao corpo quando ele se move. A equação (57) é chamada de teorema do trabalho-energia cinética, que pode ser entendida como: toda vez

que há uma força resultante não nula agindo sobre um sistema, haverá realização de trabalho e, portanto, haverá variação na energia cinética do sistema físico considerado.

Outra forma de energia que encontramos é a energia potencial. Quando falamos no potencial de algo, estamos nos referindo às capacidades inatas desse algo ou de uma pessoa e do poder que algo ou pessoa tem e que pode se dispor; estamos falando das possibilidades de algo acontecer ou não; à capacidade de algo que ainda não se desenvolveu completamente vir a se desenrolar.

Um objeto pode armazenar energia devido à sua posição. A energia armazenada e mantida pronta para ser usada é chamada de energia potencial (...), porque no estado de armazenagem ela tem potencial para realizar trabalho. Por exemplo, uma mola esticada ou comprimida tem o potencial de realizar trabalho. Quando um arco é vergado, é armazenada energia nele. O arco pode realizar trabalho sobre a flecha. Uma liga de borracha esticada possui energia potencial por causa das posições relativas de suas partes. Se a liga de borracha fizer parte de um estilingue, ela será capaz de realizar trabalho (FEYNMAN, 2008, p. 113).

Essa capacidade de realizar trabalho (GONÇALVES, 1967; NUSSENZVEIG, 2002; SCHAUM, 1964) pode se manifestar de diversas maneiras: através do campo gravitacional e a chamamos de energia potencial gravitacional; pode estar presente na deformação de um corpo e a chamamos de energia potencial elástica; também a encontramos quando temos uma carga elétrica imersa em um campo elétrico, correspondendo à energia potencial elétrica; e está presente nos combustíveis através da energia química, que normalmente “se trata de energia de posição em nível microscópico” (HEWITT, 2015, p. 113).

Faremos agora raciocínio análogo ao que desenvolvemos para o teorema do trabalho-energia cinética apenas para a força peso e com a intenção de analisar a capacidade que essa força tem em provocar um deslocamento em um corpo, realizando um trabalho.

Vimos que independente da trajetória que o corpo descreve, o trabalho da força peso é calculado pela equação (20) quando estiver caindo e pela equação (22) quando estiver subindo. Analisando a Figura 16 durante a queda temos então que

$$\tau_P = -mg(z - Z), \quad (58)$$

o que nos leva então a

$$\tau_P = -(mgz_f - mgz_i), \quad (59)$$

sendo  $z_i$  a posição inicial do corpo e  $z_f$  sua posição final. No interior dos parênteses aparece a variação de algo, o qual representaremos pela letra  $U$ , ou seja,

$$U = mgz. \quad (60)$$

Ao combinarmos as equações (59) e (60), podemos escrever o trabalho realizado pela força peso na queda livre de um corpo nas proximidades da Terra:

$$\tau_p = -(U_f - U_i), \quad (61)$$

ou ainda,

$$\tau_p = -\Delta U. \quad (62)$$

Se fizermos essa mesma análise para a subida de um corpo, teremos

$$\tau_p = -mg(Z - z), \quad (63)$$

que também pode ser escrita na forma indicada na equação (62).

Essa diferença expressa em (59) e (61) aponta que algo variou no momento em que a força peso realizou trabalho – esse algo representamos por  $U$  (62), mas note que não dissemos o que é esse  $U$ . Assim, podemos inferir que a tal capacidade da força peso realizar trabalho é a expressão que definimos em (60) e que podemos escrever como

$$U = U_G = mgz. \quad (64)$$

Essa possibilidade de realizar trabalho expressa pela equação (64) está associada à interação entre dois corpos. No caso que estamos discutindo, essa interação ocorre entre o planeta Terra e um corpo de massa qualquer nas proximidades da sua superfície. Como essa interação se dá entre a massa ( $m$ ) do corpo envolvido, o campo gravitacional no qual ele está imerso ( $g$ ) e depende da posição relativa do corpo em relação a um referencial ( $z$ ), denominamos essa capacidade de energia potencial gravitacional.

Seguiremos essa linha de raciocínio, mas agora para a força elástica. Partindo da equação (38), podemos reescrevê-la na forma

$$\tau_{Fel} = -\left(\frac{kx_f^2}{2} - \frac{kx_i^2}{2}\right). \quad (65)$$

Cada um dos termos apresentados na equação (65) acima pode ser definido como

$$U_{el} = \frac{kx^2}{2}. \quad (66)$$

Assim, a equação (65) acima, que expressa a comparação através da diferença entre dois momentos, final e inicial, pode ser reescrita como

$$\tau_{Fel} = -(U_{elf} - U_{eli}), \quad (67)$$

que é o mesmo que

$$\tau_{Fel} = -\Delta U_{el}. \quad (68)$$

Mais uma vez, percebemos que durante a realização do trabalho por uma força, algo variou. Nesta situação específica, a força que analisamos é a força causada pela deformação em um corpo, chamada de força elástica.

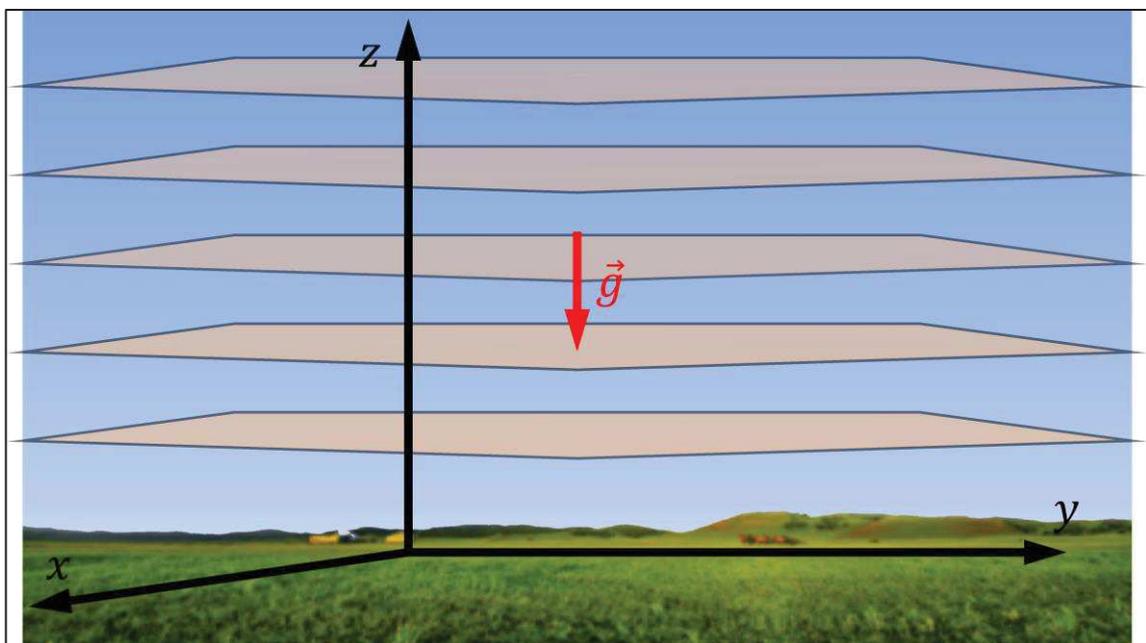
Para calcular o trabalho desta força, temos uma diferença entre dois termos. Assim, ela sendo diferente de zero, podemos dizer que ela aponta que algo variou no momento em que um corpo foi deformado, tenha sido ele alongado ou comprimido, mas procurando sempre voltar ao seu estado inicial, como uma mola mostrada na Figura 21, por exemplo. A esse algo que mudou, tendo sido acrescentado ou decrementado, chamamos  $U_{el}$  na equação (66). Ressaltamos que até agora não definimos conceitualmente o que é esse  $U_{el}$ . Todavia, podemos notar que ela está ligada a tal capacidade que a força elástica tem para realizar trabalho. Assim, podemos inferir que esse termo expressa a capacidade que a força elástica tem para se opor à uma deformação da mola, de modo a fazer com esta volte ao seu comprimento original, ou seja, não deformada. Essa capacidade está associada à interação entre um corpo de massa qualquer e a mola (sistema massa-mola), como ilustrado na Figura 21. Além disso, como essa capacidade depende da deformação da mola, o que corresponde à posição do corpo que interage com a mola, chamamos essa capacidade de energia potencial elástica (66).

Uma outra análise que podemos fazer para a energia potencial gravitacional é comparando-a à energia potencial elétrica. Essa comparação é útil para traçarmos na mecânica um equivalente ao potencial elétrico e a partir daí conseguirmos um tratamento matemático mais formal. Na eletrostática, se estivermos numa região do espaço onde há presença de um campo elétrico produzido por um capacitor ou uma carga elétrica, por ora chamada de carga geradora, e introduzirmos nessa região uma carga elétrica, doravante carga de prova, podemos definir para o sistema uma energia potencial elétrica que estará associada à uma posição e ao valor da carga. Podemos ainda definir uma outra grandeza, chamada de potencial elétrico, que não depende mais da carga e de sua interação, mas apenas de sua posição dentro dessa região onde há um campo elétrico. Para encontrarmos o potencial elétrico, precisamos apenas dividir a energia potencial elétrica do sistema pelo valor dessa carga de prova. Ao fazermos isso, encontraremos como resultado uma grandeza que diz respeito à energia potencial elétrica por unidade de carga, que independe do valor dessa carga de prova que pode ser ali posta. Esse resultado é o que chamamos de potencial eletrostático (NUSSENZVEIG, 1997). Posto isso, procederemos analogamente para a energia potencial gravitacional. Isto é, se tivermos um corpo com uma massa qualquer, equivalente à carga de prova, numa região do espaço onde há presença de um campo gravitacional, atribuiremos ao sistema uma energia potencial gravitacional que estará associada à posição e massa desse corpo; assim, tomaremos essa

energia potencial gravitacional e a dividiremos pela massa do corpo; isso nos conduzirá a uma grandeza que estará relacionada apenas ao campo gravitacional e a uma posição, não tendo dependência nenhuma com a massa do corpo que pode ser colocado naquela posição dessa forma, teríamos uma energia potencial gravitacional por unidade de massa. Isso é o que chamamos de potencial gravitacional.

Na eletrostática define-se o que chamamos de superfície equipotencial<sup>27</sup> como aquelas superfícies em que todos os pontos associados a ela estão sujeitos a um mesmo potencial elétrico. Dando continuidade à analogia com o campo gravitacional, a superfície equipotencial neste caso seria aquela em que todos os pontos dela estão associados à uma mesma energia potencial por unidade de massa. Dessa forma, ao considerarmos a energia potencial gravitacional sob ação de um campo gravitacional uniforme, como o campo gravitacional terrestre ( $\vec{g}$ ) em regiões próximas à superfície da Terra, podemos considerar que temos superfícies paralelas à superfície da Terra que terão seus pontos associados ao mesmo valor de energia potencial. Outra consideração a fazermos é que numa superfície equipotencial, a direção de ação da força é sempre perpendicular à essa superfície, conforme mostrado na Figura 26 abaixo.

Figura 26 – Superfícies equipotenciais do campo gravitacional terrestre.



Fonte: Elaboração própria.

<sup>27</sup> “Uma superfície em que  $U$  é constante chama-se superfície equipotencial. (...) Se  $dl$  é um deslocamento sobre uma superfície equipotencial, temos então:  $dU = \text{grad } U \cdot dl = 0$ ” (NUSSENZVEIG, 1997, p. 43). Nesta obra,  $U$  é tratado como a energia potencial elétrica.

Para darmos um formalismo matemático para esta nossa colocação, retomaremos a discussão feita por Goldemberg (1970) acerca da controvérsia entre Descartes e Leibniz. O autor toma a segunda lei de Newton no caso unidimensional da direção  $x$  como

$$F_x = \frac{d(mv)}{dt}, \quad (69)$$

que ao considerarmos a massa como constante, podemos reescrever a expressão (69) tal que

$$F_x = m \frac{dv}{dt}. \quad (70)$$

Goldemberg (1970) prossegue, multiplicando e dividindo a equação (70) por  $dx$ :

$$F_x = m \frac{dv}{dt} \cdot \frac{dx}{dx}. \quad (71)$$

Embora possa parecer inusitado essa operação, ao reorganizarmos os termos, a intenção começa a ficar mais clara:

$$F_x = m \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dv}{dx}. \quad (72)$$

Com o procedimento, velocidade do corpo (52) aparece na equação acima, mas expressa em função de  $dx$  e não por  $dS$ . Assim, (72) pode ser reescrita também

$$F_x = mv \cdot \frac{dv}{dx}, \quad (73)$$

que, após aplicarmos o teorema fundamental do cálculo (STEWART, 2016) na equação, resulta em

$$F_x = \frac{d}{dv} \left( \int mv \cdot \frac{dv}{dx} \right). \quad (74)$$

Isto é, teremos que a força nessa direção  $x$  pode ser expressa por

$$F_x = \frac{d}{dx} \left( \frac{1}{2} mv^2 \right). \quad (75)$$

Goldemberg (1970) interpreta esse resultado obtido em (75) explicando que

existe, pois, uma grandeza escalar  $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ , cuja derivada em relação a  $x$  constitui uma medida de força. (...) Em três dimensões esta expressão se generaliza como  $\vec{F} = -grad V(r)$ .  $V$  é uma grandeza escalar que tem um valor dado para cada ponto do espaço (GOLDEMBERG, 1970, p. 144)

Portanto, temos que

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}\right). \quad (76)$$

Lembremos que o gradiente de uma função de várias variáveis é um vetor ortogonal às superfícies sob as quais essa função tem o mesmo valor e aponta para onde essa função cresce. Assim, o resultado encontrado em (76) é importante pois “(...) nos mostra que, se conhecermos a energia potencial em função da posição, podemos calcular a força por simples derivação” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 115). Dessa maneira, a equação (76), para o campo gravitacional terrestre, nos resulta em

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}U = m\vec{g} = \vec{P}. \quad (77)$$

Então, o gradiente resultará em  $m\vec{g}$  e o sinal negativo obriga a ter um sentido oposto: a energia aumenta à medida que nos afastamos da superfície terrestre, mas o sinal de menos faz com que  $\vec{g}$  e, conseqüentemente o peso, aponte para a superfície. Todavia, de qualquer maneira,  $\vec{g}$  é ortogonal a isso.

Após essa discussão acima sobre as energias cinética e potencial, podemos retomar o exemplo da bola de futebol que é lançada verticalmente para cima e depois inicia um movimento de queda, como ilustrado na Figura 16 e Figura 17, mas sobre um outro ponto de vista. À medida que a bola sobe, percebemos que sua velocidade diminui, assim, podemos dizer que sua energia potencial gravitacional está aumentando e sua energia cinética está diminuindo; da mesma forma, quando ela começa a cair, sua energia potencial gravitacional vai diminuindo e sua energia cinética aumentando. E um dos nomes que pode vir a mente quando estamos falando sobre um corpo que é lançado verticalmente para cima é o de Dario José dos Santos (Figura 27), conhecido popularmente pela sua alcunha de Dadá Maravilha. Ele detém o recorde de ter realizado numa única partida 10 gols, sendo que ao todo, ele contabiliza 926 em sua carreira, dos quais mais da metade, precisamente 499, foram feitos de cabeça (TRÊS PONTOS, 2017). Todavia, é mais provável que o artilheiro tenha sido mais reconhecido pelas suas frases icônicas do que pelos seus feitos no gramado, algo que o próprio jogador reconhece (UOL, 2020). Isso se deve ao seu jeito irreverente e a maneira pouco modesta que se referia a si próprio. Devido a sua habilidade em cabecear e seu grande números de gols feitos assim, costumava dizer que apenas três coisas paravam no ar: beija-flor, helicóptero e Dadá Maravilha; também dizia que quando pulava para cabecear, era possível o zagueiro conseguir ver o número de sua chuteira (PEREIRA, 2014; TRÊS PONTOS, 2017).

Figura 27 – Dada Maravilha em partida pelo Clube Atlético Mineiro contra o Botafogo de Futebol e Regatas.



Fonte: Tribuna PR (2014).

Sabemos que de fato ninguém tem o poder de permanecer parado e ficar flutuando no ar e que a maneira que Dadá se referia a isso era uma supervalorização de sua habilidade em saltar. Todavia, podemos fazer uma análise sobre seu voo, isso é, aprofundar e estudar os conceitos e fenômenos físicos envolvidos quando saltava subindo e descendo.

A primeira observação que fazemos é que ele não é uma das três coisas que param no ar. Na verdade, qualquer corpo que é lançado para cima e depois volta para o chão, em algum momento parou ou, ao menos, teve a componente vertical de sua velocidade nula. Isso é, em um único instante não só Dadá Maravilha, como qualquer outro atleta ou pessoa comum que possa pular para cima ou um objeto qualquer lançado para o alto que depois retorna para baixo também para no ar! Existe um momento em que o corpo deixará de subir e começará a descer. Para ele inverter o sentido do seu movimento, ele precisa primeiro parar. Portanto, naquele momento em que há a inversão do sentido do movimento, não só Dadá Maravilha, mas tudo que sobe e desce para no ar.

Tendo feito essas discussões sobre energia, podemos refletir sobre o tema acima – a subida e a descida de um corpo na direção vertical – a partir dos conceitos de energia. Vimos que todo corpo que se afasta da superfície da Terra adquire uma energia potencial gravitacional (60). Desse modo, podemos dizer que a medida que Dadá Maravilha ia subindo, ele ia adquirindo uma energia potencial gravitacional; de modo que no instante em que dizia parar no ar, sua energia potencial gravitacional teria atingido seu valor máximo. Além disso, vimos que quanto maior a velocidade de um corpo, maior sua energia cinética (55). É interessante

observarmos que, se adotarmos como referencial de energia potencial zero no solo, a partir do instante em que Dadá deixa de tocar o chão percebemos que sua velocidade começa a diminuir, indo a zero quando ele atinge a altura máxima de seu voo, isso é, sua energia cinética começa a reduzir à medida que sobe e sua energia potencial gravitacional aumenta gradativamente. Chega a ser quase intuitivo dizer que a energia cinética está se transformando em energia potencial gravitacional. Mas não podemos ficar só na intuição – ou convicção. Precisamos de provas para entender o que acontece. Para isso, recorreremos à matemática e aos conceitos físicos já vistos até aqui.

Lembremo-nos que a velocidade de um corpo expressa a rapidez que um corpo se move e, por definição, é a taxa de variação da posição em relação ao tempo, ou seja,

$$\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}. \quad (78)$$

Nem sempre essa razão expressa uma taxa constante, podendo também variar. Como acontece com um corpo lançado para cima ou em queda, que começa seu movimento com uma velocidade que vai variando ao longo do tempo. Assim, podemos expressar também a taxa que a velocidade varia. A essa taxa damos o nome de aceleração e é expressa por

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (79)$$

que também pode ser expressa por

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{S}}{dt^2}. \quad (80)$$

Podemos ainda analisar a rapidez que a aceleração varia seu valor. A taxa de variação da aceleração é chamada de *jerk*<sup>28</sup> (STEWART, 2016)

$$\vec{j} = \frac{d\vec{a}}{dt}. \quad (81)$$

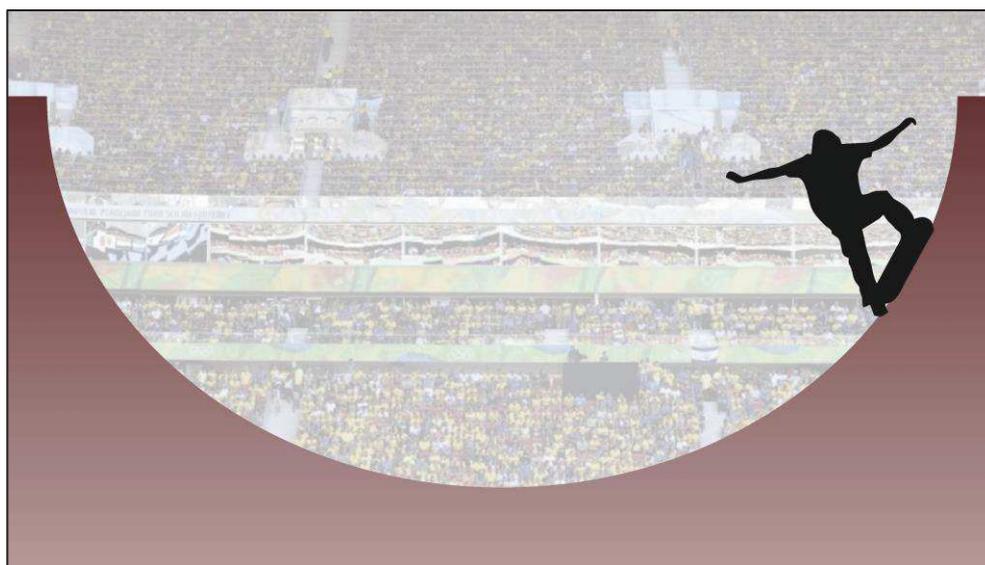
Ela é presente em superfícies cuja inclinação é variável, como as rampas dos skatistas, ilustrada na Figura 28 abaixo, em um movimento harmônico simples, etc<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> O termo *jerk* pode ser traduzido como arrancada ou arranque. O nome é “porque um grande *jerk* significa uma mudança repentina na aceleração, o que causa um movimento abrupto em um veículo” (STEWART, 2016, p. 125) – tradução nossa.

<sup>29</sup> Há vários outros exemplos em que o movimento pode apresentar uma aceleração variável. Todavia, não aprofundaremos esta discussão por ela não ser nosso objeto de estudo. Apenas a mencionamos por entender que ela pode enriquecer a discussão sobre o tema.

Figura 28 – Skatista em uma rampa de inclinação variável.



Fonte: Elaboração própria.

No caso de um corpo se movimentando de tal modo que sua velocidade esteja variando a uma taxa constante, temos o que chamamos de movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). Para este caso temos que:

$$\vec{j} = 0 . \quad (82)$$

Situações com aceleração constante são muito comuns. É o que temos quando um corpo está em queda livre ou é lançado para cima, estando sujeito à aceleração da gravidade, que nas proximidades da superfície da Terra é constante. Assim, ao trabalharmos (79), encontramos a relação que a velocidade tem com essa taxa constante

$$d\vec{v} = \vec{a} \cdot dt . \quad (83)$$

Para encontrarmos a equação que expressa a velocidade do corpo em qualquer instante, deveremos integrar (83) e, conseqüentemente, somar uma constante de integração. Como chegaremos em uma equação que expressa a dependência da velocidade com o tempo, ela é chamada de função horária da velocidade no MRUV. Assim, essa constante deverá ser um valor de velocidade e expressar as condições iniciais da função. Dessa forma, obteremos:

$$\vec{v}(t) = \vec{a}t + \vec{v}_0 . \quad (84)$$

Além disso, como a velocidade expressa a taxa de variação da posição, a equação (84) pode ser expressa por

$$\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{a}t + \vec{v}_0 \quad (85)$$

ou

$$d\vec{S} = (\vec{a}t + \vec{v}_0)dt. \quad (86)$$

Para encontrarmos a equação que expressa a posição do corpo em qualquer instante, deveremos integrar (86) e ao integrarmos deveremos somar uma constante de integração. Como chegaremos em uma equação que expressa a dependência da posição com o tempo, ela é chamada de função horária da posição no MRUV. Assim, essa constante deverá ser um valor de posição e expressar as condições iniciais da função. Dessa forma, obteremos:

$$\vec{S}(t) = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v}_0t + \vec{S}_0. \quad (87)$$

Além da (84) e (87), podemos combiná-las e encontrarmos uma terceira, chamada de equação de Torricelli (NUSSENZVEIG, 2002), que nos permite determinar a velocidade de um corpo em função de uma posição qualquer:

$$v^2 = v_0^2 + 2\vec{a} \cdot (\vec{S} - \vec{S}_0). \quad (88)$$

Essas três equações possuem relevância por expressarem o movimento de um corpo com aceleração constante, tal como temos na vizinhança da superfície da Terra devido a aceleração provocada pela força gravitacional poder ser considerada constante. Assim, para um corpo em queda livre, tendo a orientação do movimento voltada para cima, podemos escrever (88) como sendo

$$v^2 = v_0^2 + 2(-g)(z - z_0), \quad (89)$$

que resulta numa equação que descreve a velocidade de um corpo em queda livre numa altura qualquer como

$$v^2 = v_0^2 + 2g(z_0 - z), \quad (90)$$

ou ainda,

$$v_0^2 = v^2 - 2g(z_0 - z). \quad (91)$$

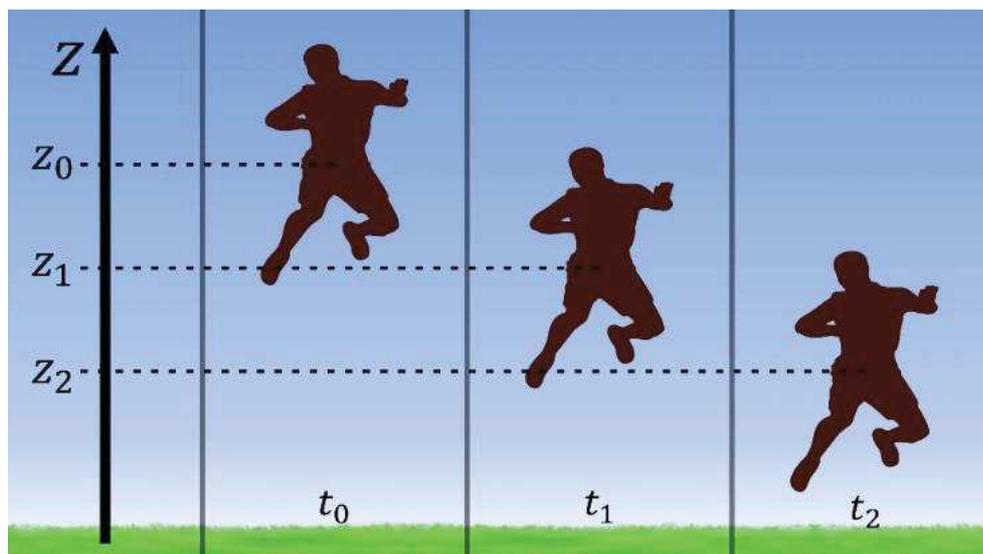
Essa manipulação feita de (90) para (91) nos desperta certo interesse pois  $v_0$  é um termo constante – e não necessariamente nulo, como aparece em muitos problemas de queda livre – mas escrito em função de termos variáveis, como a velocidade e a posição do corpo – no caso da queda livre, a altura em que ele se encontra em relação ao solo – em um instante qualquer. Desse modo, podemos dizer que a expressão no segundo membro da equação (91) será sempre um valor constante, isto é,

$$v^2 - 2g(z_0 - z). \quad (92)$$

Ou seja, independente dos valores da velocidade e da altura, o resultado será sempre o mesmo. Assim, se  $v_0$  for escrito em relação a várias alturas diferentes, teremos sempre o mesmo valor.

Retomando a história de Dadá Maravilha, observemos seu salto em três instantes distintos ( $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ ), como mostra a Figura 29 abaixo.

Figura 29 – Jogador de futebol saltando para cabecear uma bola.



Fonte: Elaboração própria.

Ressaltamos que o instante  $t_0$  não necessariamente se refere à altura máxima atingida pelo jogador, portanto, não necessariamente a velocidade nesse instante seria nula. Além disso, podemos fazer a análise tanto durante a queda do jogador, considerando que a posição  $z_0$  é mais alta que  $z_1$ , que por sua vez é mais alta que  $z_2$ , quanto durante sua subida, invertendo a ordem dessas alturas. Como podemos escolher, analisaremos a queda e a orientação positiva para cima, como está nas descrito da Figura 29, desse modo, teremos um movimento retrógrado e acelerado.

Para a altura  $z_1$ , (91) pode ser escrita então como

$$v_0^2 = v_1^2 - 2g(z_0 - z_1), \quad (93)$$

para uma outra altura qualquer, como  $z_2$ , (91) seria reescrita como:

$$v_0^2 = v_2^2 - 2g(z_0 - z_2). \quad (94)$$

Desse modo, como o segundo membro de (93) e (94) expressam o mesmo resultado ( $v_0^2$ ), podemos escrever que

$$v_0^2 = v_1^2 - 2g(z_0 - z_1) = v_2^2 - 2g(z_0 - z_2), \quad (95)$$

$$v_1^2 - 2gz_0 + 2gz_1 = v_2^2 - 2gz_0 + 2gz_2, \quad (96)$$

restando apenas:

$$v_1^2 + 2gz_1 = v_2^2 + 2gz_2. \quad (97)$$

Multiplicando toda a equação por  $m/2$ , teremos

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgz_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgz_2. \quad (98)$$

Mas os termos encontrados no primeiro e no segundo membro são as energias cinéticas e potenciais gravitacionais relativas aos instantes  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente. Assim, podemos dizer que temos:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2. \quad (99)$$

A partir de (99) podemos inferir que a energia cinética e potencial de um corpo quando estão juntas, isto é, somadas, formará sempre um valor constante para qualquer ponto. A essa união das duas formas de energia resulta naquilo que chamamos de energia mecânica ( $E_M$ ), isto é,

$$E_M = K + U. \quad (100)$$

Desse modo, aquela impressão que tínhamos no início – dizendo que a energia cinética de um corpo vai se transformando em energia potencial gravitacional quando um corpo era lançado para cima e vice-versa se ele estiver caindo – não é mera intuição. A partir de (99) pudemos ver que isso de fato acontece. Isto é,

$$E_{M_i} = E_{M_f}. \quad (101)$$

Assim sendo, temos que

$$\Delta E_M = 0. \quad (102)$$

Nessa situação temos a energia mecânica do sistema que estudamos se mantendo conservada. Isso é, a energia mecânica final e inicial são iguais, de modo que a sua variação é igual a zero.

Quando temos uma situação como a descrita acima, na qual se conservou integralmente o valor inicial da energia mecânica, dizemos que estamos em um sistema conservativo. Isto é, um sistema é chamado de conservativo se e somente se as proposições (101) ou (102) forem verdadeiras.

A conservação da energia mecânica é consequência da existência de uma energia potencial  $U$  que dependa exclusivamente da posição, de modo que a equação abaixo é satisfeita:

$$\tau = -\Delta U. \quad (103)$$

Para que esse cenário ocorra, precisamos que o trabalho realizado pela força entre dois pontos dependa apenas da posição inicial e final, pois deve representar a diferença de energia potencial entre esses pontos, independente da trajetória descrita pelo corpo para ir de um lugar a outro (NUSSENZVEIG, 2002). Como exemplos, podemos citar a força peso, a força elástica e a força eletrostática. Esse é, inclusive, o motivo dessas e demais forças em que o trabalho por elas realizado é não dependente da trajetória serem chamadas de forças conservativas (NUSSENZVEIG, 2002).

Por outro lado, um sistema não conservativo é aquele em que há presença de pelo menos uma força cujo trabalho por ela realizado é diferente quando um corpo se move de uma posição a outra mudando o caminho, isto é, a equação (47) não é válida para esse tipo de força, de modo que

$$\tau_D = \oint_C \vec{F} \cdot d\vec{s} \neq 0. \quad (104)$$

Os exemplos mais notórios para esse tipo de força são a força de atrito entre duas superfícies, que discutimos anteriormente e a força de resistência do ar. Na presença dessas forças, as equações (101) e (102) não são verdadeiras, isto é,

$$\Delta E_M \neq 0 \quad (105)$$

e conseqüentemente,

$$E_{M_i} \neq E_{M_f}. \quad (106)$$

Como os valores da energia mecânica inicial e da final são diferentes, chamamos a essa diferença de energia dissipada ( $E_D$ ), pois é decorrente de uma força que realiza um trabalho resistente, ocasionando a diminuição da energia mecânica que se tinha no instante inicial. Assim,

$$E_D = \Delta E_M, \quad (107)$$

que também pode ser expressa por

$$E_D = E_{M_f} - E_{M_i}. \quad (108)$$

Como vimos que o trabalho de uma força pode ser expresso em termos da variação da energia, podemos dizer que a diferença apresentada em (107) e (108) corresponde ao trabalho da força dissipativa presente no sistema.

Anteriormente vimos que o trabalho de algumas forças pode variar conforme o caminho seguido pelo corpo, mesmo que as posições finais e iniciais sejam as mesmas. Em especial, apresentamos acima uma breve discussão sobre o trabalho da força de atrito. Naquele momento vimos que o trabalho dessa força é negativo, de modo que

$$E_D < 0. \quad (109)$$

Assim, ao combinarmos a diferença expressa em (108) com a conclusão obtida em (109), teremos que

$$E_{M_f} - E_{M_i} < 0 \Rightarrow E_{M_f} < E_{M_i}. \quad (110)$$

Isso significa que a energia mecânica final é menor que a inicial. Isto é, no início havia no sistema uma certa quantidade de energia mecânica que não se manteve constante, tendo sido transformada em outros tipos de energia, que é representado pela  $E_D$ , sobrando uma energia mecânica final menor. Assim, para o sistema não conservativo, a partir da equação (110), podemos escrever que

$$E_{M_i} = E_{M_f} - E_D. \quad (111)$$

Numa análise rápida, essa equação pode parecer contraditória ao que dissemos anteriormente devido à subtração que aparece no segundo membro, dando a entender que  $E_{M_i} < E_{M_f}$ . Todavia, não podemos nos esquecer que  $E_D$  possui um valor negativo e, dessa forma, ao somarmos seu valor negativo com o sinal de menos o equacionamento (111), teremos uma soma. Outra forma de apresentar (111) que pode trazer menos confusão por conta do sinal seria fazermos recurso da função modular, isto é

$$E_{M_i} = E_{M_f} + |E_D|. \quad (112)$$

Entendemos que esse recurso da função modular (112) pode ser interessante por possibilitar a diminuição da ambiguidade da interpretação do sinal negativo da energia dissipada com o sinal de negativo da equação (111), evitando que ao estudarmos nos esqueçamos de colocar o sinal negativo, nos confundamos e cheguemos a resultados inconsistentes.

#### 4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E METODOLOGIA

Para explicarmos como desenvolvemos nosso trabalho, precisamos elucidar o contexto em que ele foi desenvolvido.

As atividades foram realizadas em um curso preparatório de uma cidade do interior da Zona da Mata Mineira, ao pé da Serra da Mantiqueira. O trabalho foi desenvolvido com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental<sup>30</sup> que prestaram o exame de seleção para o Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste-MG). A turma teve início em agosto de 2019 e tinha como proposta oferecer um revisional àqueles que pleitearam uma vaga.

Embora o exame seja para estudantes que estejam no 9º ano do Ensino Fundamental, o edital contempla todo o conteúdo de Física que é lecionado no Ensino Médio. Além disso, apesar da proposta da turma ser de revisão visando à preparação para o exame, a maioria dos educandos não teve aulas de Física no primeiro semestre. Alguns colégios oferecem a disciplina desde o início do ano, outros apenas no início, outros a ofertam somente após o recesso de julho, outros nem a oferecem. Nessa turma, o assunto era inédito para todos os estudantes, frente a esse cenário posto, visualizamos apenas duas opções: (i) trabalhar todo o conteúdo do edital ou (ii) focar nos temas mais recorrentes nas provas.

Trabalharmos todos os conteúdos do edital em três meses com duas aulas semanais de 45 minutos é incorrerem no risco de tratarmos os estudantes como meros depósitos de conhecimentos, encarando o processo de aprendizagem sob uma perspectiva bancária,

em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. Margem para serem colecionadores ou fichadores das coisas que arquivam. No fundo, porém, os grandes arquivados são os homens, nesta (na melhor das hipóteses) equivocada concepção “bancária da educação. Arquivados, porque, fora da busca, fora da práxis, os homens não podem ser. Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta distorcida visão da educação, não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros (FREIRE, 1970, p. 33).

Posto isso, podemos dizer que a primeira opção vai de encontro a tudo que acreditamos e ao que o próprio Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) preconiza. Desse modo, optamos pelo tema energia para trabalharmos na turma do 9º ano ao analisarmos as provas de seleção de anos anteriores realizadas no IF Sudeste-MG em busca dos conteúdos

---

<sup>30</sup>A princípio, desenvolveríamos o trabalho com os estudantes que fariam o ENEM. Contudo, foi necessário um remanejamento no curso, o que trouxe inviabilidade de a atividade ocorrer nesta turma.

mais recorrentes e que, sendo contextualizados, pudessem trazer significado para os estudantes (SANTOS, 2007).

#### 4.1 O TRABALHO

Construímos uma Sequência Didática sobre Energia a partir dos produtos das dissertações já defendidas no MNPEF. Para isso, realizamos uma busca no banco de teses e dissertações da CAPES, utilizando como termos de busca as seguintes expressões: energia potencial gravitacional, energia potencial elástica, energia cinética e conservação de energia mecânica. Como recorte, foram selecionados os trabalhos de mestrado profissional e profissionalizante, tomando o nome do programa como “Ensino de Física – PROFIS”. A pesquisa, resultou no quadro exibido no APÊNDICE 1. Os trabalhos foram lidos, com atenção especial aos produtos descritos pelos autores. Em função do nível de ensino aqui trabalhado, escolhemos os produtos desenvolvidos por Moreira (2016) e Silva (2016) adaptando-os à nossa realidade.

Para execução de nosso trabalho, utilizamos o aplicativo *Plickers*, na perspectiva da avaliação formativa, com questões de diferentes materiais didáticos e de exames de seleção do IF Sudeste-MG. Objetivamos investigar a aprendizagem dos conteúdos dos candidatos nesse contexto.

O trabalho, como apresentamos no capítulo de Introdução, consiste como produto educacional uma SD sobre trabalho de uma força e conservação da energia mecânica, contemplando as atividades avaliativas de caráter formativo utilizando o aplicativo *Plickers*. Manuais e tutoriais ensinando o cadastro do professor, de questões, de turmas e inserção dos nomes dos estudantes em versões recentes do programa podem ser encontrados com facilidade na internet – inclusive no *YouTube*<sup>31</sup>. Todavia, neste capítulo, na seção 4.2, fazemos uma breve descrição das funcionalidades do *Plickers*.

Entendemos que uma Sequência Didática (SD) é a maneira ordenada de se proceder em uma aula, que pode também ser entendida como uma maneira concatenada em etapas a serem seguidas. No Anexo 1, apresentamos a SD proposta que contempla os passos um, dois e três apontados por Turra *et al* (1998) apresentados anteriormente na discussão sobre a avaliação formativa, isto é, as unidades de ensino, seus objetivos e seus conteúdos. A fim de facilitar a

---

<sup>31</sup> Dentre outros materiais disponíveis, deixamos como exemplo o canal Brunetta (2021), *Classroom Tecnologia Inteligente* (2021) e a página eletrônica de Cunha (2017) – informações de acesso são encontradas nas referências.

leitura, tornando-a mais compreensível ao leitor, repetiremos aqui citação das autoras que trouxemos outrora que relata esses passos.

1. Selecionar objetivos e conteúdos e distribuí-los em pequenas unidades de ensino; (...)
4. Valerem-se o professor e o estudante de *feedback* frequente, isto é, utilizarem a informação para corrigir erros, insuficiências, ou para reforçar comportamentos bem sucedidos. (...);
5. Selecionar alternativas corretivas (terapêuticas) de ensino-aprendizagem. Alternativas terapêuticas são procedimentos variados de ensino que se destinam a sanar de modo específico a insuficiência constatada (TURRA *et al.*, 1998, p. 184 - 185).

A SD foi planejada para quatro encontros, totalizando 8 aulas de 45 minutos. Cada encontro foi considerado uma pequena unidade de ensino (TURRA *et al.*, 1998) teve a seguinte distribuição de conteúdo:

Quadro 4 – Síntese das atividades programadas.

<b>Unidade de ensino</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Recursos metodológicos</b>
<b>Aula 1</b>	Grandezas relacionadas ao trabalho de uma força, à energia cinética e à energia potencial gravitacional;	Identificar as grandezas Físicas associadas ao conceito de trabalho de uma força. Identificar a relação entre a variação da energia potencial do corpo com a variação da sua posição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro branco e pincel; celular;</li> <li>• notebook;</li> <li>• televisão ou aparelho datashow;</li> <li>• experimento material.</li> </ul>
<b>Aula 2</b>	Grandezas relacionadas ao trabalho da força elástica e à energia potencial elástica;	Identificar as grandezas Físicas associadas a energia potencial elástica. Identificar a relação entre a variação da deformação do elástico e a distância percorrida pelo pedaço de madeira no trilho.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro branco e pincel; celular;</li> <li>• notebook;</li> <li>• televisão ou aparelho datashow;</li> <li>• experimento material.</li> </ul>

<b>Aula 3</b>	Princípio da conservação da energia, transformações de várias formas de energia e energia mecânica;	Identificar os processos de transformação de energia (cinética em potencial e vice-versa). Compreender que não há criação e nem destruição de energia, que ela apenas se transforma, chegando, então, no princípio da conservação da energia mecânica. Discutir a dissipação de energia mecânica por meio da energia térmica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro branco e pincel; celular;</li> <li>• notebook;</li> <li>• televisão ou aparelho datashow;</li> <li>• experimento virtual.</li> </ul>
<b>Aula 4</b>	Resolução de exercícios numéricos.	Revisar todo o conteúdo visto nas aulas anteriores. Realizar exercícios para os estudantes. Avaliar exercícios feitos pelos estudantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro branco e pincel; celular;</li> <li>• notebook;</li> <li>• televisão ou aparelho datashow.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

A decisão de organizar a SD nesse número total de aulas objetivou que tivéssemos um produto o mais fidedigno possível no que tange ao tempo disponível para a distribuição de conteúdo, particularmente num curso preparatório para processos seletivos de concursos. No próximo capítulo apresentamos a SD, detalhando cada aula realizada.

O *Plickers* é uma ferramenta de avaliação para questões objetivas. O utilizamos porque ele permite ao professor conseguir um retorno imediato do processo de ensino e aprendizagem dos educandos, instantaneamente após eles exibirem suas respostas. Como a participação dos estudantes é rápida, podemos saber quantos e quais estudantes acertaram o item e, percebendo o que erraram, temos a possibilidade de identificar quais conceitos precisam ser revisitados. Com isso, pudemos acompanhar o desenvolvimento da turma e individual durante a realização da SD.

Silva e Scarinci (2018) lembram que em turmas lotadas contendo, por exemplo, mais de 40 estudantes, pode acontecer um distanciamento entre o professor e a turma. Isso dificulta o acompanhamento individual que ele pode dar e o processo avaliativo que pode conduzir, tendo que recorrer, constantemente a questões objetivas. Embora nosso universo tenha sido bem menor do que esse, o que nos permitiria trabalhar de forma mais personalizada, entendemos que, devido à escassez de tempo e abundância da ementa que tínhamos a cumprir, as situações se equiparam. “E, identificando esta realidade, evidencia-se que negligenciar a necessidade de avaliar ou fazer de qualquer jeito, talvez seja pior do que aplicar provas objetivas, considerando

todo o processo de ensino e aprendizagem que pode ser desenvolvido em sala de aula” (SILVA e SCARINCI, 2018, p. 3).

Decerto entendemos que questões objetivas trazem consigo algumas limitações, pois podem escamotear as “operações cognitivas”<sup>32</sup> atreladas ao desenvolvimento para a resolução das questões, como trazem Silva e Scarinci (2018). Contudo, procuramos elaborar as questões baseadas no formato do Guia de Elaboração e Revisão de Itens (BRASIL, 2010) do Ministério da Educação (MEC), que serve como base para elaboração da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Atualmente, o ENEM serve como a principal forma de acesso ao Ensino Superior. Trata-se do segundo maior exame de vestibular do mundo, ficando atrás apenas do *Gaokao*<sup>33</sup>.

Para que o exame mantenha um padrão de qualidade, ela é estruturada de maneira criteriosa e possui características específicas em sua elaboração e modo de correção. Suas questões são divididas em três partes:

- **Texto base:** é usado para formar ou suscitar a situação problema. Pode ser através de um texto, uma imagem ou outros recursos. A situação problema é contextualizada de tal maneira que o participante do exame consiga trazer situações já vividas para a resolução da prova, de modo a aproximar os temas da sala de aula da realidade extraescolar.
- **Enunciado:** é parte da questão onde se encontra a instrução explícita e direta do que o participante deve fazer no teste.
- **Alternativas:** são as possíveis respostas para a pergunta. No exame há cinco alternativas: um gabarito e 4 distratores.

O gabarito é a resposta correta à pergunta proposta no enunciado. O distrator, por definição, é aquilo que causa distração, o que distrai, o que tira a atenção. No exame, esse é nome dado às alternativas erradas. Elas não são escolhidas de qualquer maneira, elas devem parecer corretas para aqueles participantes do teste que não desenvolveram a habilidade em questão. Em outras palavras, o distrator plausível deve retratar hipóteses de raciocínio utilizadas na busca da solução da situação-problema apresentada (BRASIL, 2010, p. 11).

---

<sup>32</sup> “operações cognitivas” (SILVA; SCARINCI, 2018, p. 2) é o termo utilizado pelos autores e que também aparece no Guia de Elaboração e Revisão de Itens do Ministério da Educação (BRASIL, 2010, p. 7-8).

<sup>33</sup> Este é o nome como é conhecido o exame final do sistema escolar da República Popular da China para selecionar novos estudantes de universidades (SANTOS, 2018).

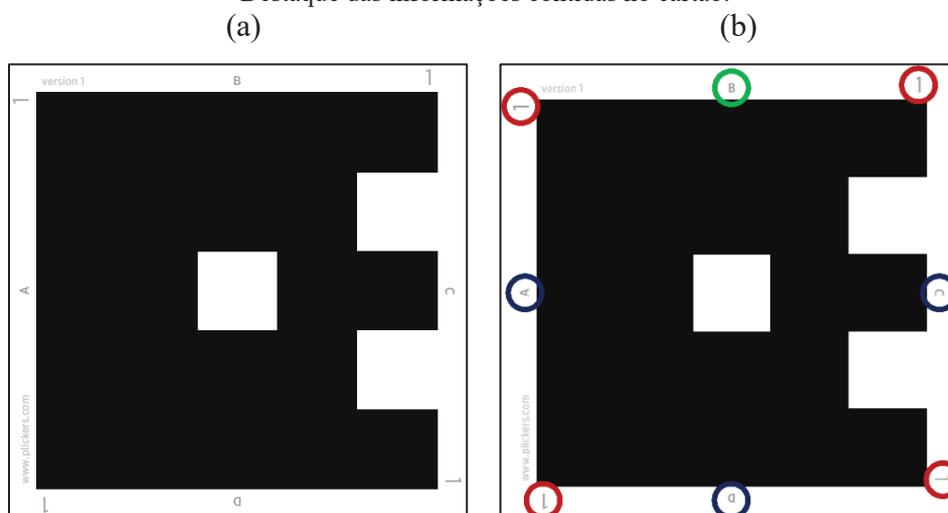
Embora busquemos seguir os padrões do MEC para elaboração de questões, tivemos que adaptar para nossa realidade trabalhando com apenas quatro alternativas ao invés de cinco, devido à limitação que o *Plickers* apresenta.

#### 4.2 PLICKERS

Em uma única frase, o *Plickers* pode ser entendido como uma ferramenta digital de avaliação. Sua operacionalidade se dá através de questões objetivas, que permite ao professor obter informações sobre a possível aprendizagem dos estudantes de modo imediato. O emprego desta ferramenta é realizado por meio de um computador, um *kit* multimídia<sup>34</sup>, cartões de respostas e um dispositivo móvel, que pode ser o próprio celular do professor.

Sua utilização é simples. Em primeiro lugar, o professor distribui um cartão individual para cada educando que os permitirá exibir suas respostas. O cartão é exemplificado na figura a seguir:

Figura 30 – Exemplo de um cartão do *Plickers*. (a) Cartão de resposta do primeiro estudante da lista. (b) Destaque das informações contidas no cartão.



Fonte: *Plickers* (2019)

Este cartão possui um código que especifica qual estudante está respondendo e qual a alternativa que escolheu. Após a distribuição dos cartões entre os estudantes, o professor exibe a pergunta para a turma através do *kit* multimídia. Cada estudante escolhe a opção que julga correta para responder à pergunta e posiciona o cartão.

<sup>34</sup> Este *kit* poderá ser uma TV em sala, um Datashow, ou algum outro aparato que tenha comportamento semelhante para expor as questões para todos os estudantes.

Na Figura 30 (b) temos as informações destacadas no cartão. Os círculos vermelhos representam o número associado ao estudante figurado na lista montada previamente pelo professor. Os demais círculos – azuis e verde – representam as alternativas de respostas possíveis a uma determinada questão. A opção que estiver posicionada na parte superior central do cartão corresponde à escolha do estudante; no caso da Figura 30, seria a alternativa B.

Em seguida, após os educandos escolherem sua alternativa, o professor faz a leitura das respostas com auxílio do celular. No aparelho, simultaneamente com a passagem de sua câmera, aparecerá indicando os estudantes que marcaram a resposta correta e os que marcaram as demais alternativas. Feito isso, o aplicativo gera e salva automaticamente o percentual de acerto individual e coletivo dos estudantes, exibe gráficos e dados. Isso permite ao educador observar em tempo real indicadores do entendimento que está sendo ensinado.

Figura 31 – Professora utilizando o aplicativo *Plickers*.



Fonte: Cunha (2017)

Embora, o *Plickers* possua muitos recursos, talvez o de maior destaque seja gerar e apresentar os dados estatísticos das respostas individuais e coletivo. Isso permite ao professor uma gama de atitudes a partir da análise desses dados, como por exemplo, dar uma atenção especial focando na dificuldade de um determinado estudante ou grupo e assim montar uma atividade para eles; e várias outras medidas que podem ser tomadas de acordo com o interesse do professor baseado no perfil da turma e aprendizagem dos estudantes, sua programação curricular. Contudo, devemos salientar que o aplicativo não é uma panaceia para aplicações de questões objetivas ou mesmo para a avaliação formativa. Ele é uma ferramenta que tem grande utilidade, mas como todo recurso, apresenta suas limitações.

Uma das barreiras impostas pelo aplicativo, que o professor deve ficar bem atento, é o espaço restrito de apenas 250 caracteres para a redação das perguntas e 200 para redação de cada alternativa da resposta. Embora essa seja uma limitação, pode ser contornada inserindo a

questão como imagem: a pergunta seria escrita em um editor de texto, o professor faria um “*print screen*” e colocaria a questão como imagem no aplicativo. Procedendo dessa maneira, não é aconselhável deixar o cabeçalho da questão em branco e inserir apenas a imagem, pois, em caso de haver necessidade de localizar essa questão, será possível rastreá-la por parte do enunciado.

Outra barreira que encontramos é a ausência de um auxílio para criação de tabelas e de recursos matemáticos para inserção de fórmulas, símbolos, etc. Contudo, apesar da carência do recurso da inserção desses e de outros caracteres especiais, a caixa de texto permite que eles sejam colados. Para contornar essa situação, outra maneira de proceder, inclusive de uma forma mais prática é montar uma lista contendo as questões que se deseja trabalhar e distribuí-lo para os estudantes. Feito isso, seriam inseridas no enunciado do *Plickers* apenas o número de identificação da questão e sua página correspondente, o que é suficiente no espaço proposto.

No mais, não estamos colocando essas ponderações para invalidar o uso do aplicativo. Pelo contrário, estamos fazendo algumas ressalvas para que aquele professor que decidir utilizá-lo, tenha consciência das limitações do aplicativo e, dessa maneira, fazer o melhor uso possível.

#### 4.3 ESTRUTURA BÁSICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O PRODUTO EDUCACIONAL

Procuramos manter uma estrutura em nossa SD para todas as aulas. Isso facilita a execução para o professor e não causa muito desconforto aos estudantes com repetidas mudanças na rotina que, muitas vezes, por estarem acostumados com a educação bancária, chegam a acreditar que o educador está ludibriando quando resolve adotar uma dinâmica diferenciada (MOREIRA, 2014, p. 2).

A descrição detalhada de nossa SD pode ser encontrada no nosso produto. Todavia, a apresentamos resumidamente para clarificar a metodologia utilizada.

- **Primeiro encontro:** apresentação de uma didática diferenciada e explicação da utilização do *Plickers*; realização de uma atividade experimental; formalização do discurso e formulação matemática das expressões fazendo um resumo no quadro; utilização do *aplicativo* como ferramenta de avaliação Utilizamos 2 questões nesta unidade de ensino (Questão 1 e Questão 2 – APÊNDICE 2 – Produto Educacional, Questões desenvolvidas).

- **Segundo encontro:** breve revisão do experimento da aula anterior através de aula expositiva dialogada anotando as conclusões no quadro; utilização do aplicativo para retomar os assuntos da aula anterior; realização de uma nova atividade experimental. Nesta aula, fizemos o uso de 5 questões (Questão 3 a Questão 7 – APÊNDICE 2 – Produto Educacional, Questões desenvolvidas).
- **Terceiro encontro:** breve revisão do experimento da primeira aula através de aula expositiva dialogada anotando as conclusões no quadro; repetição das questões utilizadas na aula anterior (Questão 8 a Questão 12 – APÊNDICE 2 – Produto Educacional, Questões desenvolvidas) utilizando o aplicativo para revisar os assuntos já vistos por conta de alguns alunos terem copiado a resposta do colega; realização de novas questões sobre o tema da primeira aula (Questão 13 a Questão 20 – APÊNDICE 2 – Produto Educacional, Questões desenvolvidas); execução do experimento sobre energia potencial elástica pelos estudantes.
- **Quarto encontro:** breve revisão do experimento do terceiro encontro através de uma aula expositiva dialogada anotando as conclusões no quadro; utilização do aplicativo para retomar os assuntos do experimento da aula anterior; aula expositiva dialogada com utilização de simulador computacional; discussão, formalização do discurso e formulação matemática das expressões; utilização do *Plickers* como ferramenta de Avaliação formativa. Trabalhamos um total de 7 questões neste encontro (Questão 21 a Questão 27 APÊNDICE 2 – Produto Educacional, Questões desenvolvidas).
- **Quinto encontro:** Devido a eventos circunstanciais, que serão discutidas na seção de análise, esta aula não teve questões trabalhadas e deveria ter ocorrido no quarto momento. A programação original era de uma aula expositiva dialogada com realização de uma revisão conceitual utilizando *slides* previamente preparados; realização de exercícios numéricos escolhidos a partir do material didático dos estudantes; utilização do aplicativo *Plickers* com questões numéricas escolhidas a partir do banco de dados do processo seletivo do IFSudeste - MG, trabalhados sob a perspectiva da avaliação formativa

Para os dois primeiros encontros, que acabou se estendendo também pelo terceiro, procuramos trabalhar com o recurso da experimentação. Entendemos que isso nos coloca numa perspectiva educacional construtivista, cuja nossa intenção com essa abordagem é deixar os estudantes “colocarem a mão na massa”, tornando capaz de motivá-los a (re)significar seus conhecimentos iniciais, problematizando-os e levando-os “(...) na direção de construir

conhecimentos mais abrangentes e consistentes, através das mediações feitas pelos professores, tornando a aprendizagem mais significativa” (TAHA *et al.*, 2016, p. 140)”.

Mesmo que em alguns momentos tenham ocorrido aula expositiva, ela não seguiu o padrão tradicional, com apenas o professor falando e transmitindo o conhecimento. Procuramos fazê-la de modo dialogado. Quando os estudantes não estavam operando os aparatos do experimento material e precisamos utilizar o recurso computacional da simulação, procuramos fazer nesse modelo dialogado para que eles pudessem participar da construção do conhecimento e fossem agentes ativos no processo de ensino e aprendizagem. Isso não diminuiu o papel do professor, ao contrário, o colocou na posição de mediador, e não transmissor.

No último encontro, decidimos fazer uma revisão de tudo aquilo que já tínhamos trabalhado para consolidar o aprendizado. Como o assunto já não era novidade para os estudantes, optamos por fazê-la de maneira expositiva e breve, tomando cerca de 20 minutos da aula apenas. Para otimizar nosso tempo de aula, disponibilizamos previamente os *slides* que utilizamos na revisão para os alunos. Além da finalidade de fortalecer e firmar o entendimento dos assuntos, tivemos um grande intervalo entre os dois últimos encontros, que discutimos na seção de análise.

Para esse último encontro preparamos exercícios numéricos. Como a proposta era a avaliação formativa, não planejamos as alternativas inadvertidamente, buscamos seguir as recomendações do MEC (BRASIL, 2010) para a preparação de itens do ENEM. Além disso, como a intenção era utilizar questões do exame do IF, especialmente as numéricas, para que pudessemos cadastrá-las no *Plickers* e elas estivessem dentro dos parâmetros do Guia de Elaboração e Revisão de Itens (BRASIL, 2010), tivemos que adaptar algumas alternativas de resposta. Em nosso produto educacional podem ser encontradas as questões que encontramos sobre Energia dos concursos do IF desde 2013 (COPESE, 2013). Nele, mostramos as questões apenas com as quatro alternativas que deixamos para o cadastro no aplicativo e, ao lado de cada uma, a justificativa que víamos como possibilidade de raciocínio que poderia levar o estudante a marcá-la como resposta, destacando o gabarito em negrito.

Por fim, um maior detalhamento da SD se encontra no produto desta dissertação, que é nossa Sequência Didática, e o relato mais amplo dos acontecimentos em cada encontro estão disponíveis na seção 5.1.

Nos cinco encontros da SD que realizamos, tivemos um total de 27 (vinte e sete) questões discutidas com os estudantes. Deste conjunto de questões desenvolvidas ao longo da SD, escolhemos dez adotando dois critérios que julgamos relevantes:

1. Estudar o índice de acerto das questões que abordaram, implícita ou explicitamente, o conteúdo de conservação da energia mecânica, uma vez que ele representa o cerne do trabalho apresentado;
2. Reduzir a possibilidade de indicação pelos estudantes de uma alternativa errada por engano no uso do cartão de resposta do aplicativo Plickers. Assim, utilizamos as questões que foram apresentadas e discutidas na terceira e quarta aula da SD quando os estudantes estavam habituados e ambientados com o seu uso.

Assim, na seção 5.2 constam os enunciados apenas das dez questões analisadas. Os enunciados das demais questões integram o produto educacional, uma vez que compõem a sequência didática elaborada.

Empreendemos uma pesquisa de cunho qualitativo, realizando a análise de conteúdo dos dados (BARDIN, 1977). Adotamos como categorias de análise a ampliação, a redução e a estabilidade nos índices de acerto das questões, comparando-os entre diferentes questões.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentaremos o relato a partir do planejamento que mostramos no capítulo anterior e em seguida uma discussão sobre os resultados que obtivemos através da SD que utilizamos.

Salientamos que cada unidade de ensino corresponde a um tempo de 90 minutos, já que são duas aulas de 45 minutos geminadas.

### 5.1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA

Para esta primeira aula, tomamos como base a atividade da sexta e sétima aula de Moreira (2016), adaptando-as. Organizamos a aula em quatro momentos. No primeiro, informamos aos estudantes que adotariamos uma dinâmica de ensino diferente da que vínhamos adotando até então: utilizaríamos alguns experimentos que simulariam situações reais e buscaríamos acompanhar a possível aprendizagem fazendo perguntas sobre o que eles compreenderam da aula utilizando o aplicativo *Plickers*.

Orientamos os estudantes que o *Plickers* é uma ferramenta que seria utilizada para avaliarmos como a matéria estava sendo compreendida, que ela não exporia para os colegas quem acertou ou errou e que a estes dados somente o professor teria acesso para com eles poder direcionar o andamento dos conteúdos e das aulas. Entendemos que essa colocação foi importante visando contribuir para que o estudante não se envergonhasse em participar.

Solicitamos que eles participassem ativamente da aula, que não fossem apenas ouvintes, pois teriam papel fundamental nas conclusões que faríamos a partir dos experimentos realizados. Assim, a atividade foi desenvolvida sob a ótica da demonstração investigativa (CARVALHO, 2010).

O objetivo dessa aula foi identificar as grandezas Físicas relacionadas ao trabalho da força peso, à energia potencial gravitacional, ao trabalho de uma força qualquer e à energia cinética. Para isso utilizamos um experimento que simulou um bate-estacas. Em princípio, uma contribuição desse experimento é que conseguimos abordar em sala de aula uma situação conhecida pelos estudantes, ainda que em vídeos. Este aparato permitiu realizar uma aula prática com materiais simples e baratos que podem ser levados para a sala de aula. Considerando que diferentes escolas não possuem laboratórios de Ciências, tal possibilidade de realizar o experimento dessa maneira representa uma alternativa didática viável. Destacamos

que esse experimento possui semelhança com aquele realizado por Gabrielle de Breteuil, quando ela resolveu a questão da relação existente entre a velocidade e o “*oomph*” (HEWITT, 2015), posteriormente chamado de energia cinética. Abordamos com mais detalhe essa discussão no capítulo de trabalho e energia.

O experimento teve por objetivo explicar a relação da energia potencial gravitacional com a altura da qual o corpo foi abandonado, da energia cinética com a velocidade que o corpo possuía ao atingir a estaca, bem como a influência da massa do corpo abandonado neste estudo.

Para executar o experimento procuramos envolver o maior número possível de estudantes. Assim eles poderiam participar mais ativamente da aula e o professor evitaria atuar como um transmissor do conhecimento, enquanto os estudantes poderiam não ser repetidores do que estava no quadro ou no livro didático (MOREIRA, 2014).

Para avaliar a compreensão pelos estudantes sobre o assunto tratado na aula, preparamos uma atividade contendo três itens utilizando o aplicativo *Plickers*. Programamos o tempo da aula prevendo que os educandos não conheciam esse recurso. Desse modo, dedicamos parte do tempo para explicar a nova dinâmica.

Figura 32 – Estudantes utilizando os cartões dos *Plickers*.



Fonte: Arquivo pessoal.

A aula ocorreu no dia do professor, data em que é recesso em muitos colégios da rede pública e particular, incluindo cursinhos preparatórios, devido à convenção sindical. Isso ocorreu nas escolas de todos os estudantes que participaram da nossa atividade. Desse modo, era de se esperar uma frequência pequena dos estudantes. De fato, alguns se ausentaram, mais

até do que em dias regulares. Contudo, tivemos uma presença de mais de 60% da turma. Apesar do universo pequeno que trabalhamos, apenas 8 estudantes de um total de 13, foi esse o quórum que tivemos nas aulas seguintes, exceto na quarta aula que tivemos 7. Isso aconteceu porque houve uma chuva na região que provocou muitos transtornos, o que dificultou a possibilidade de presença desse estudante.

Planejamos uma experiência para ser realizada em sala de aula simulando um bate-estaca. Os aparatos utilizados neste experimento são ilustrados na Figura 33 abaixo – nele podemos perceber que uma estaca está mais profunda que a outra; isso se deu pois a estaca da esquerda foi atingida por uma esfera mais pesada que sofreu um deslocamento maior que a da direita –. Um dos motivos de termos tomado como experimento o bate-estaca foi supormos que os estudantes, fosse por filme, documentário, gravura de livro ou um desenho animado, tivessem visto o funcionamento do equipamento e soubessem para o que era utilizado. Todavia, foi unânime que nenhum estudante sabia o que era. Possíveis explicações para esse desconhecimento podem ser a idade dos garotos e o ambiente em que vivem: são estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental residentes de cidades pequenas do interior de Minas Gerais e o equipamento é mais recorrente em obras de grande porte, que não são comuns nessas cidades.

Figura 33 – Aparato experimental.



Fonte: Arquivo pessoal.

Assim, inserimos na execução da aula um vídeo que exemplificava o bate-estaca sendo utilizado na construção civil. Este vídeo foi localizado na *internet* e exibido antes de começarmos o experimento. Embora, a princípio, parecesse-nos fácil buscar um vídeo como

esse na rede de computadores, a sala de aula não possuía cabeamento de rede e o sinal *WiFi* era fraco no local em que o computador estava posicionado. Assim, tivemos um atraso na programação até conseguirmos localizar e exibir o vídeo aos estudantes.

Figura 34 – Imagem de um bate-estacas retirada do vídeo exibido aos estudantes.



Fonte: Canal Reinaldo Bhughalu (2016).

Quando os educandos foram convidados a participar da aula e informados que eles executariam a experiência, eles se acanharam em tomar a iniciativa. Lembramo-nos da colocação de Moreira (2014) de que “(...) os alunos estão acostumados com a educação bancária e esperam que o professor ‘dê a matéria’” (MOREIRA, 2014, p. 2). Em função disto, para cada execução do experimento do bate-estaca foi necessário o convite a um grupo de estudantes, pois, por si só, se envergonharam e não se prontificaram em participar. Convidamos um dos estudantes para auxiliar o professor na realização da demonstração investigativa, conforme mostramos na Figura 35 abaixo.

Figura 35 – Exibição feita pelo professor.



Fonte: Arquivo pessoal.

Realizamos duas das três questões escolhidas utilizando o *Plickers*, pois não houve tempo para abordar a terceira. Atribuímos essa falta de tempo aos imprevistos narrados acima. Desse modo, optamos por deixá-la para o início da aula seguinte, em que retomamos esse assunto antes de prosseguirmos.

Alguns pontos da atividade experimental ocorreram como previsto: um deles foi a participação de todos os estudantes, o outro foi encontrarmos uma proporção muito próxima entre as profundidades da estaca afundada pela esfera pequena e pela maior, conforme pode ser visto nas últimas linhas da Tabela 1 (a) e (b)<sup>35</sup>.

Tabela 1 – Tabela simplificada da coleta de dados do experimento.  $H(cm)$  representa o deslocamento da esfera;  $y(cm)$  representa a profundidade penetrada pela estaca. (a) Estaca posicionada no ponto mais alto (pequeno deslocamento da esfera). (b) Estaca posicionada no ponto mais baixo (deslocamento da esfera maior).

(a)			(b)		
Estaca 1			Estaca 2		
	Massa 1 6,85g	Massa 2 21,66g		Massa 1 6,85g	Massa 2 21,66g
$H(cm)$	48	48	$H(cm)$	115	115
$y(cm)$	1,28	2,30	$y(cm)$	2,29	4,25

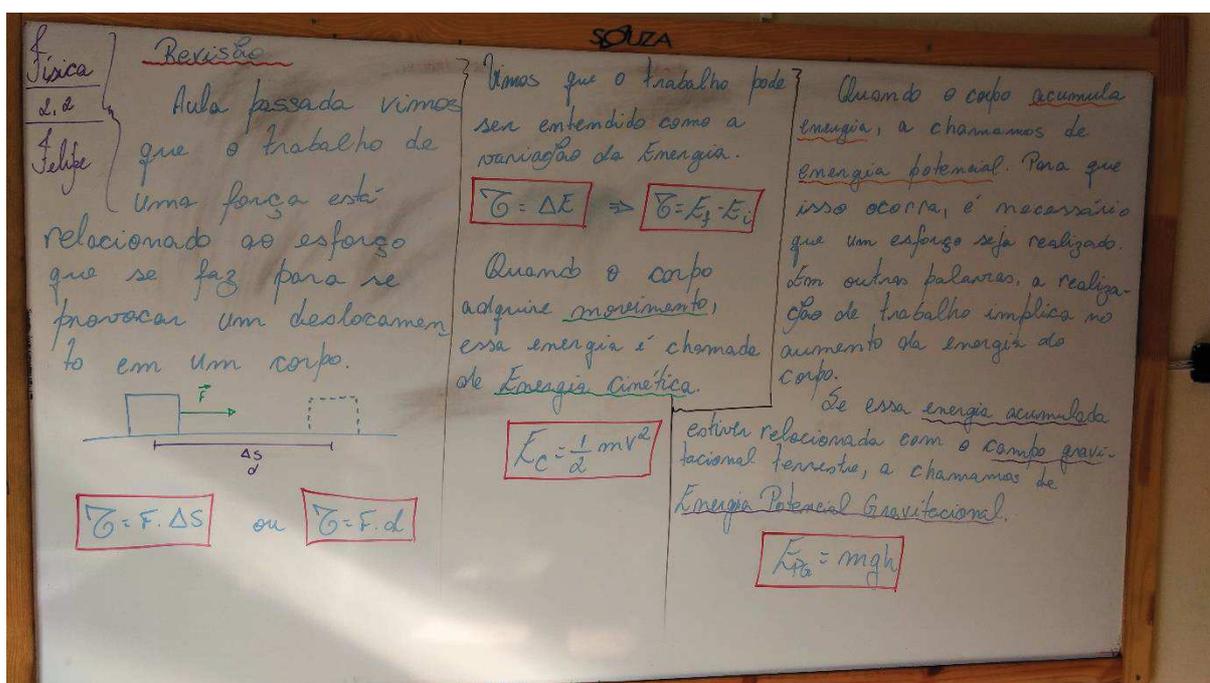
Fonte: Coletas em sala de aula.

<sup>35</sup> Importante dizer que o objetivo dos experimentos não foi encontrar uma relação de proporcionalidade no sentido matemático, mas de perceber a relação entre a altura da qual o objetivo é largado, sua massa e a profundidade que a estaca alcançou. Ou seja, não estávamos procurando estabelecer uma prova matemática para as equações que permitem calcular as energias envolvidas nos experimentos, mas sim criar condições para que os estudantes entendessem a origem fenomenológica destas equações.

A cada questão que trabalhamos utilizando o *Plickers*, discutimos com os estudantes sobre do que ela tratava. Tiramos as dúvidas a respeito das alternativas respondendo aos seus questionamentos, mas sem que a resposta fosse dada de forma direta, instigando-os a chegarem às conclusões. Após a exibição da resposta correta, discutimos o porquê daquela alternativa ser o gabarito e o que tinha de errado em cada uma das demais alternativas. Somente depois dessa discussão é que passamos para a próxima questão. Assim objetivamos que as questões atuassem como avaliadoras da aprendizagem em tempo real da aula, possibilitando a retomada dos conceitos e um novo processo de ensino, ou seja, a realização da avaliação formativa.

Em nosso segundo encontro, para prosseguirmos com o processo de ensino, antes de iniciarmos o novo conteúdo, fizemos uma aula expositiva dialogada revisando o conteúdo e registrando os pontos principais no quadro, como indicado na Figura 36.

Figura 36 – Revisão da primeira aula.



Fonte: Arquivo pessoal.

A seguir, novas perguntas abordando o tema foram realizadas utilizando o aplicativo *Plickers*. Incentivamos que os estudantes discutissem entre si a respeito da questão antes de responderem. A ideia foi fazer com que nesse processo um estudante pudesse aprender junto com o outro. Foi interessante observar que no primeiro momento eles estranharam o fato de discutirem entre si e tentar convencer o colega de sua posição frente à pergunta.

Tivemos pouco mais da metade dos educandos participando dessa dinâmica, alguns preferiram ficar sozinhos, talvez por estarem sentados mais afastados de onde se tinha a maior aglomeração de estudantes, talvez por estarem completamente convencidos de suas respostas

de forma que outro colega não pudesse mudá-la ou por se acanharem demais e preferirem ficar onde estavam. Apesar da participação não ter sido de todos, percebemos que foi positiva, pois os estudantes gostaram de a aula não seguir a monotonia de um monólogo em que o professor é aquele à frente da turma, que professa conhecimento sobre um determinado assunto. A liberdade que eles tiveram em poder conversar durante a aula sobre um assunto proposto pelo professor trouxe dinamicidade e um clima leve para o processo de ensino e aprendizagem.

Embora a proposta de estimulá-los a discutir entre si tenha sido interessante e eles tenham gostado, tivemos um imprevisto. Na última questão que trabalhamos para retomar o tema, pudemos perceber um percentual de erro muito grande, incoerente com as outras repostas, que tiveram índices de acertos elevados. Percebemos que, durante a discussão do tema que foi proposto por essa questão, alguns estudantes não marcaram a sua resposta, mas sim a do colega. Por ser uma questão que envolvia uma complexidade um pouco maior que as demais, os estudantes podem ter se sentido inseguros em dizer o que pensavam sobre ela e preferiram seguir a opinião do colega considerado por eles como o mais estudioso. O curioso é que enquanto o estudante discutia com o grupo, ele fazia considerações corretas a respeito do tema, mas sua conclusão foi errada, ocasionando a opção por uma alternativa incorreta. Pudemos observar durante as discussões que outros três estudantes que marcaram a mesma alternativa que ele, iriam marcar a opção correta.

Além da situação descrita acima, tivemos que contar com outra inesperada: o professor do horário anterior tomou um grande tempo da nossa aula. O curso preparatório não tinha sinal avisando o início e término das aulas. Por conta disso, não tivemos tempo suficiente para fazermos o experimento sobre energia potencial elástica como tínhamos planejado e discutirmos com eles as questões sobre esse assunto. Outro acontecimento que tomou mais um pouco do nosso tempo foi termos que registrar uma aluna que não estava cadastrada em nossa lista do *Plickers*. Havíamos solicitado à direção da escola uma lista com o nome de todos os estudantes da turma. Todavia, nessa segunda aula recebemos uma aluna que não tinha comparecido na primeira aula e não estava na lista encaminhada pela direção. Dessa forma, gastamos um pouco mais de tempo para a cadastrarmos e, assim, ela pudesse participar da aula. Dessa forma, conseguimos apenas começar a discutir sobre o tópico que tínhamos planejado e o experimento não foi realizado como previsto nesta aula.

Como base para esta aula, utilizamos a atividade proposta por Moreira (2016), adaptando-a a partir da utilização de um estilingue. Este experimento foi executado pelo professor com o auxílio de alguns estudantes. Realizamos novamente uma atividade experimental com materiais simples e baratos que puderam ser levados para a sala de aula, sem

que houvesse a necessidade de mudança da turma para um laboratório. Os estudantes aprovaram a nova dinâmica de ensino, se empolgaram e alguns se manifestaram positivamente quando dissemos que a próxima aula seria semelhante à esta.

A dinâmica que propusemos na segunda aula foi a construção de um estilingue. Para isso, utilizamos um trilho de cortina por onde um pequeno pedaço de madeira seria lançado por ele através da deformação provocada em um elástico, conforme mostra a Figura 37 abaixo.

Figura 37 – Experimento do estilingue. (a) Preparação do lançamento. (b) Posição do pedaço de madeira após o lançamento.



Fonte: Arquivo pessoal.

O experimento consistia em posicionarmos o toco de madeira em uma das extremidades do trilho de cortina, onde também posicionávamos o elástico; em seguida, com o auxílio de uma fita métrica, marcávamos a deformação que provocávamos ao esticar o elástico, conforme é mostrado na Figura 37 (a); após a anotação do valor medido, soltávamos o pedaço de madeira que ia deslizando pelo trilho até parar, conforme mostra a Figura 37 (b); com o auxílio de uma trena, medíamos a distância percorrida pela madeira.

Ressaltamos que o importante no experimento não foi encontrar uma relação de proporcionalidade no sentido matemático, mas de perceber a relação entre a deformação do elástico e a distância alcançada pela madeira. Isto é, não procurávamos estabelecer uma prova matemática para as equações que permitem calcular as energias envolvidas nos experimentos, mas sim criar condições para que os estudantes entendessem a origem fenomenológica destas equações.

Como observamos na última questão que alguns estudantes pareciam ter copiado a resposta do colega, resolvemos retomar o tema da primeira aula antes de darmos continuidade a programação normal. Embora compreendamos a importância das atividades coletivas para a aprendizagem, queríamos avaliar o aprendizado individual dos educandos acerca do que já tínhamos abordado e evitar e/ou minimizar ao máximo a cópia de respostas entre eles. Então, resolvemos repetir as cinco questões que utilizamos na aula anterior e em seguida realizamos um questionário contendo itens diferentes, mas do mesmo tipo das que repetimos; fizemos essa

dinâmica na terceira aula sem permitir a interação entre eles. Embora enxerguemos que este tema possa trazer uma discussão fecunda a respeito de vários temas acerca da cultura escolar, como o comportamento dos estudantes em um processo avaliativo, o medo de errar, a cola escolar e a postura do professor frente a ela, etc, optamos por não ampliar essa demanda neste trabalho, deixando-a para uma produção posterior, por entendermos que este não é objeto, ao menos de maneira direta, desta nossa pesquisa, que consiste em olharmos a avaliação formativa através do aplicativo *Plickers*.

Dessa forma, para que não houvesse dúvidas sobre as respostas escolhidas pelos estudantes, as quais entendemos que refletiam a compreensão dos conteúdos trabalhados, as questões foram resolvidas individualmente, sem que os estudantes discutissem entre si. A prática é coerente com o perfil do curso, já que eles estavam prestes a realizar o exame seletivo para uma instituição federal de EM. Foram esclarecidos da nova dinâmica de trabalho, entenderam e concordaram com o argumento.

Procedemos ao trabalho de avaliação formativa utilizando as questões, como descrito nas aulas anteriores. Após finalizarmos esta etapa com as perguntas, passamos à execução do experimento envolvendo energia potencial elástica. O experimento foi o mesmo que fizemos na aula anterior. Utilizamos, ainda, uma tabela relacionando o tipo de elástico, sua deformação e o deslocamento do corpo, que pode ser encontrado em nosso produto educacional. Para haver tempo suficiente, as tabelas impressas previamente, de modo que os estudantes pudessem se concentrar no seu preenchimento ao longo da realização do experimento. A ideia das quatro tabelas era permitir que os alunos fizessem uma para cada elástico utilizado e para cada deformação provocada caso houvesse tempo na aula. Conforme podemos perceber na Figura 38, não foi possível repetir várias vezes o experimento de modo a realizar várias medidas e obtermos uma média. Utilizamos sete colunas para que eles desprezassem a maior e a menor medida, tirando a média entre apenas cinco valores.

A turma foi dividida em dois grupos e cada grupo dispôs de quatro tipos diferentes de elásticos. Na Figura 38 abaixo temos as tabelas utilizadas para fazer as anotações por cada grupo identificando o elástico utilizado. Nela temos duas indicações: (i)  $x(cm)$  que corresponde à deformação do elástico utilizado e (ii)  $\Delta S(cm)$  referente ao deslocamento sofrido pelo pedaço de madeira.

Figura 38 – Dados coletados pelos estudantes. (a) Coletas feitas por um dos grupos. (b) Coletas feitas pelo outro grupo.

		Elastico duplo				Elastico duplo			
$x(cm)$		6cm	7cm			16cm	4cm		
$\Delta S(cm)$		48	90			1,95 cm	105 cm		
		$x(cm)$				$x(cm)$			
		$\Delta S(cm)$				$\Delta S(cm)$			
		Elastico Puro				Elastico Puro			
$x(cm)$		5cm	5cm			11cm			
$\Delta S(cm)$		89	79			68cm			
		$x(cm)$				$x(cm)$			
		$\Delta S(cm)$				$\Delta S(cm)$			
		Elastico Simples				Elastico Simples			
$x(cm)$		8cm	6cm			16cm			
$\Delta S(cm)$		174	124			122 cm			
		$x(cm)$				$x(cm)$			
		$\Delta S(cm)$				$\Delta S(cm)$			
		Elastico bege				Elastico amarelo			
$x(cm)$		7cm	8cm			15 cm			
$\Delta S(cm)$		149	140			55 cm			
		$x(cm)$				$x(cm)$			
		$\Delta S(cm)$				$\Delta S(cm)$			

Fonte: Arquivo pessoal.

Para fazermos o experimento de forma mais cuidadosa, preparamos previamente a sala de aula: deixamos a mesa do professor onde precisávamos, as carteiras nas posições que queríamos e a TV já preparada para a utilização. Para não correremos o risco de o professor da aula anterior mudar a disposição da sala, deixamos um bilhete pedindo que mantivesse a sala como a organizamos. O pedido foi atendido e isso ajudou a otimizarmos nosso tempo. Para que os estudantes se reunissem em grupos e fizessem o experimento, recolhemos seus cartões de respostas e desligamos o aparato do *Plickers*.

Foi necessário reforçar com os educandos o cuidado que devem tomar com os materiais, pois o trilho de alumínio pode cortar se manuseado imprudentemente. Observamos se conseguiriam montar o experimento e efetuar as medidas, intervindo quando necessário. Participamos o mínimo possível, orientando-os quando necessário, mas mantendo a perspectiva de que os estudantes deveriam fazer o máximo de atividades sozinhos. Orientamos sobre a medida da deformação, sobre o posicionamento do elástico, dentre outros aspectos.

Enfatizamos também aos estudantes que os números marcados nas tabelas não representavam um meio para chegarem à relação matemática, isto é, que não havia a intenção de deduzir equações com elas. A experiência e os dados anotados tiveram finalidade qualitativa. Era uma maneira para eles observarem a relação entre o lançamento do bloco de madeira com o tipo de elástico, a sua deformação e o deslocamento sofrido pelo bloco. Mais formalmente, a proposta foi mostrar o processo de transformação da energia potencial elástica em energia cinética<sup>36</sup>.

Nessa aula, para facilitar o entendimento dos estudantes a respeito das transformações ocorridas, propusemos que os dados oriundos do processo experimental fossem anotados nas tabelas. Com a quantidade de estudantes que tínhamos presente em sala, eles foram organizados em dois grupos. Como na aula anterior pudemos contar com o auxílio de quatro estudantes, nesta eles foram alocados em grupos diferentes. Assim, como o experimento não foi inédito para eles, eles puderam auxiliar os estudantes que apenas assistiram o experimento na aula anterior.

Como a turma era pequena, foi possível perceber o que cada um concluiu com o experimento e discutir com os estudantes as relações de maneira qualitativa do que fizeram. Observamos que todos perceberam que quanto mais os elásticos foram por eles esticados, mais distante o pedaço de madeira iria; além disso, perceberam também que quanto mais “duro” o elástico fosse, maior seria o deslocamento do pedaço de madeira. Contudo, não realizamos a avaliação formativa utilizando o aplicativo *Plickers* após o experimento. Como já estávamos no final da aula, remontar o computador e redistribuir as placas tomaria tempo; resolvemos, para não incorrerem no risco de invadir o horário do outro professor, postergar as questões sobre o tema para o encontro seguinte.

Nosso quarto encontro começou com uma revisão do que tínhamos feito na aula anterior. Além da conversa com os estudantes para recordar o experimento e as observações feitas por eles, fizemos um resumo no quadro para que eles pudessem ter o registro em seus cadernos, exatamente como foi realizado na segunda aula.

Após a revisão do tema, trabalhamos com as questões que seriam utilizadas ao final da aula anterior da seguinte forma: (i) como a turma tinha como foco a preparação para o exame do IF Sudeste MG, orientamos os estudantes que não copiassem as respostas dos colegas; (ii) recapitulamos o processo de avaliação formativa a cada pergunta realizada, discutindo com eles

---

<sup>36</sup> Apesar de elásticos não respeitarem a linearidade da lei de Hooke, essa é uma forma de termos energia potencial elástica. Assim, ressaltamos que não o utilizamos para comprovar esta lei, mas para mostrar que ao deformá-lo ele faz com que o bloco de madeira varie a sua velocidade.

sobre o conteúdo em estudo e esclarecemos as dúvidas que tiveram, mas sempre de modo a não responder de forma imediata, buscando levá-los a pensar; e (iii) após a verificação da alternativa correta, discutimos sobre a questão explicando o porquê da opção correta e sobre as demais alternativas. Somente após essa discussão apresentamos para a próxima questão.

Passamos, então, à aula expositiva dialogada baseada no trabalho de Silva (2016), que faz uso do simulador *Energy Skate Park* (PHET, 2002b)<sup>37</sup> – esta indicação apresenta o caminho para acesso ao simulador em nossas referências. Para essa aula tivemos menos imprevistos e entendemos que isso tenha ocorrido porque os educandos já estavam mais adaptados à nova proposta de trabalho, bem como por termos planejado a aula com a utilização de um simulador, o que fez com que a sala não precisasse de novo arranjo. Se, por um lado, tivemos um melhor aproveitamento do tempo disponível para a aula com o uso do simulador, por outro, devemos considerar que no simulador o experimento sempre dá certo, isto é, sempre teremos o resultado esperado, sendo que o erro também pode ser didático, também pode contribuir para o desenvolvimento de capacidades associadas ao raciocínio científico, visto que a Ciência passa por um processo dialético em sua construção, como a reelaboração de hipóteses; em nosso capítulo sobre experimentação expandimos mais essa discussão.

Durante a utilização do simulador, tivemos vários diálogos em que propusemos questionamentos acerca do que estava acontecendo e o que poderia acontecer. Isso fez com que revisitássemos conceitos que tínhamos trabalhado através dos experimentos materiais nas aulas anteriores, especialmente o realizado na primeira aula, em que relacionávamos a altura em que um corpo é abandonado com sua energia potencial gravitacional e sua velocidade quando chegasse no ponto mais baixo de sua trajetória. Dessa forma, entendemos que o uso do simulador possa ter colaborado para consolidar e ter complementado a relação de que enquanto a energia potencial gravitacional diminuía, a cinética aumentava.

O *software* possui o recurso de gráficos que mostram o comportamento das energias envolvidas no sistema. Nele dispomos de gráficos dos tipos pizza e de barras e os utilizamos para exibir os processos de transformação de energia.

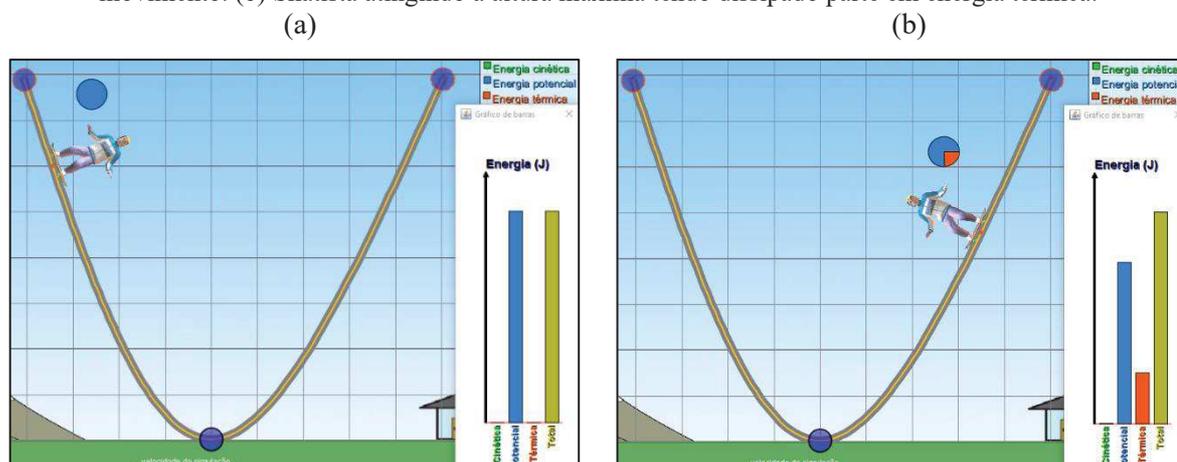
Enquanto revisitávamos os temas dos experimentos materiais, alguns estudantes indagaram a respeito da força de atrito e resistência do ar. Assim, ao falamos a dos processos de transformações de energia, abordamos que presença dessas forças, ocorre a aparição da energia térmica. Neste caso, o atrito entre o *skate* e a pista faria com que o skatista perdesse energia mecânica, e assim, a cada volta na pista, o skatista atingiria uma altura menor. Na Figura

---

<sup>37</sup> “Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto *PhET* Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e Ciências” (PHET, 2002a).

39 mostramos o experimento que realizamos com os estudantes; nela é mostrado o atleta no início do movimento, em que a energia total era a mesma da energia potencial gravitacional, conforme mostrado na Figura 39 (a), e que ao atingir a altura máxima do outro lado da pista, o atleta se encontrava em uma altura menor do que a que tinha no início do movimento, conforme mostrado na Figura 39 (b). Nessa ocasião, colocamos a simulação em *pause* e com o auxílio de uma régua medimos o comprimento da barra referente à energia potencial gravitacional e energia térmica; então mostramos que a soma dos dois valores encontrados dava comprimento da barra referente à energia total. Entendemos que isso possa ter colaborado para os estudantes visualizarem que parte da energia mecânica no início do problema se transforma em energia térmica quando há presença de força de atrito.

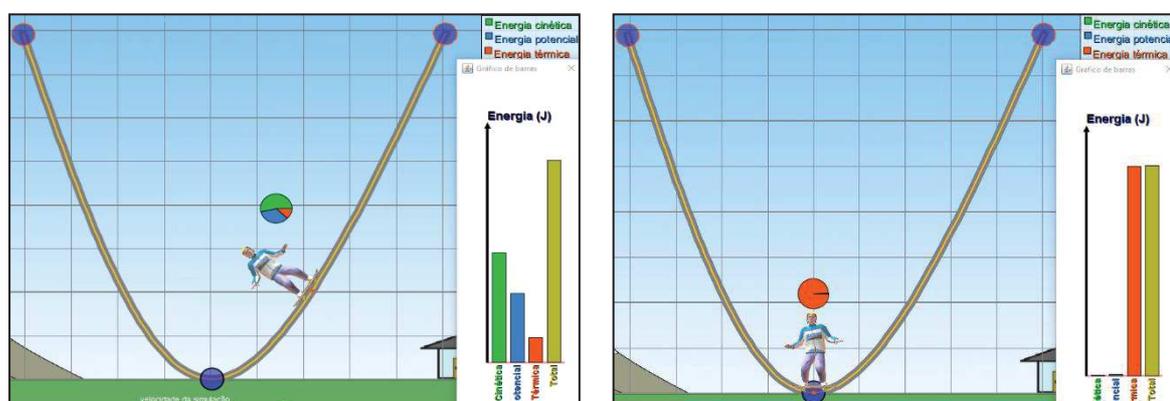
Figura 39 – Skatista em uma pista com presença de força de atrito. (a) Altura em que o skatista começa o movimento. (b) Skatista atingindo a altura máxima tendo dissipado parte em energia térmica.



Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

Além disso, entendemos que o simulador auxiliou para que eles puderam perceber que apesar do skatista ter perdido sua energia potencial gravitacional e sua energia cinética, elas não foram destruídas, pois elas se transformaram em energia térmica. de modo que o total continuou se mantendo constante, conforme mostramos na Figura 40 abaixo.

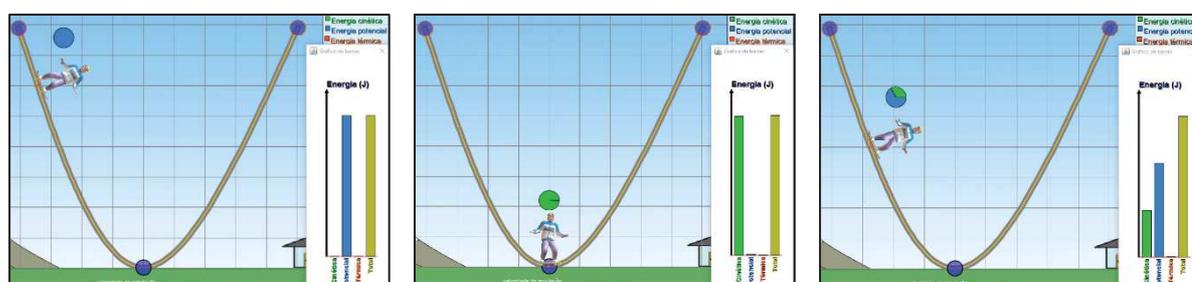
Figura 40 – Processos de conversão de energia em um sistema não conservativo. (a) Presença de energia mecânica e térmica. (b) Energia mecânica totalmente transformada em energia térmica.



Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

Na ausência da energia térmica, a energia total equivale à energia mecânica do sistema. Inferimos que foi mais fácil para os estudantes perceberem que, em um sistema conservativo, a energia potencial gravitacional ora era máxima quando a cinética era mínima (Figura 41 (a)); ora era mínima, quando a cinética era máxima (Figura 41 (b)). Deste modo, puderam compreender que a energia total<sup>38</sup> permanecia sempre a mesma em qualquer ponto que o skatista se encontrava, conforme mostrado na Figura 41 (c) abaixo

Figura 41 – Processos de transformação de energia em um sistema conservativo.



Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

Foi importante destacar com os estudantes que a área do gráfico de pizza nunca muda, permitindo a interpretação de que a energia total do sistema sempre se mantém. Assim, foi possível relacionar com a conservação de energia mecânica ( $E_M$ ).

Retomamos também o referencial da  $U_G$  alterando a altura da pista, o que inicialmente, havia sido feito na primeira aula quando as esferas eram lançadas da mesma altura em relação ao solo, mas as estacas se encontravam em alturas diferentes.

<sup>38</sup> No simulador utilizado, a soma das energias é denominada energia total, cujas parcelas são as energias mecânica e térmica.

Após esses procedimentos e todas as discussões já feitas, foi possível destacar as transformações de energia:

$$U_G \rightarrow K;$$

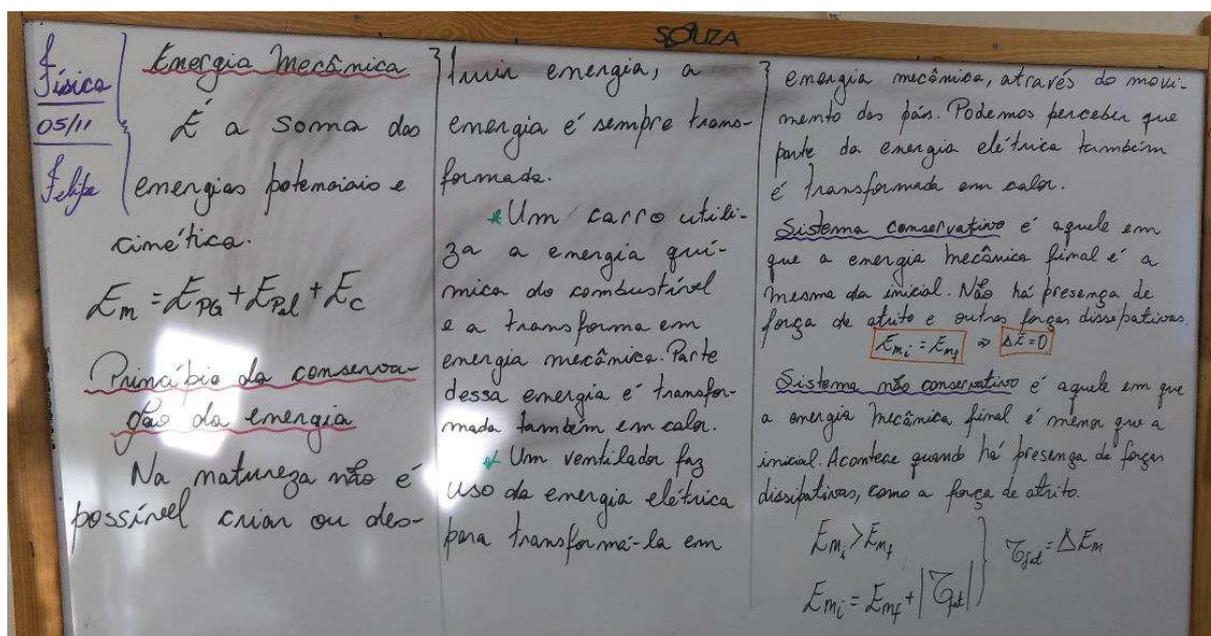
$$K \rightarrow U_G.$$

Eles também puderam compreender a energia térmica como forma dissipativa da energia mecânica.

Ao final desta aula, iniciamos o trabalho com alguns exemplos numéricos. Para isso, revistamos um exercício de queda livre, que fora proposto quando estudávamos cinemática, em que um corpo com uma determinada massa era abandonado de uma altura. Todavia, neste momento que estudávamos energia, calculamos a energia potencial gravitacional, cinética e mecânica quando o objeto era largado e ao atingir o solo. Em seguida revistamos um outro problema da cinemática: o lançamento vertical de um corpo. Contudo, também neste momento que estudávamos energia, calculamos a energia cinética, a energia potencial gravitacional e a energia mecânica no momento do lançamento e quando o corpo atingia a altura máxima. Em ambas as situações propusemos a referência da  $U_G = 0$  com  $z = 0$ . Após a discussão dos exemplos, pudemos concluir que para esse tipo de problema a massa do corpo não interfere. Em seguida, mostramos que a velocidade e altura poderiam ser calculadas não apenas através das equações de MRUV, mas também através da lei da conservação da energia mecânica.

Após a discussão com os estudantes a respeito da energia mecânica e dos processos de transformação de energia, fizemos um resumo no quadro, como indicado na Figura 42, para que eles pudessem copiar. Deste modo, teriam um registro em seus cadernos sobre o assunto que acabamos de abordar e poderiam consultar posteriormente.

Figura 42 – Resumo do conteúdo montado com os estudantes.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após este momento, seguimos com a atividade como planejada, fazendo perguntas a respeito de energia mecânica e o princípio da conservação.

Para concluirmos nossas atividades, foi preciso, então, que dispuséssemos de um quinto encontro.

É importante dizermos que esta quinta aula deveria ter sido a quarta se não fosse o que discutimos anteriormente a respeito da repetição das questões que ocorreu na terceira aula. Esta unidade de ensino deveria ter ocorrido uma semana após o quarto encontro. Todavia, tivemos alguns imprevistos que impediram a realização dessa aula: (i) na semana seguinte ocorreu uma grande chuva na cidade, que provocou muitos danos na região, causando uma baixa presença dos alunos –isso nos levou a tomar a decisão de mudarmos a programação da aula; (ii) na semana seguinte a essa tivemos um feriado local, o que resultou em recesso – portanto não tivemos aula –; (iii) na terceira semana após a chuva o cursinho promoveu um simulado que fora realizado no horário da aula. Por fim, o quinto encontro ocorreu na quarta semana após a quarta aula.

A programação desta aula era ter sido dividida em três momentos: (i) uma revisão sobre o tema estudado; (ii) resolução de alguns exercícios numéricos sobre o tema e que apareceram no processo de seleção do IF Sudeste MG; (iii) resolução pelos estudantes de exercícios numéricos sobre o tema e que apareceram no processo de seleção do IF Sudeste MG seguida pela correção do professor através do aplicativo *Plickers* sob a perspectiva da avaliação formativa após cada questão feita.

Para a revisão preparamos *slides* para uma aula expositiva dialogada que deveria durar entre 20 e 25 minutos. Achamos por bem disponibilizarmos de maneira impressa para os estudantes o material dessa revisitação dos temas. Para o segundo momento, programamos resolver 2 exercícios como exemplo, conforme dissemos acima, dedicando aproximadamente 10 minutos para cada um. Entretanto, entendemos que pelo hiato entre o quarto e quinto encontro, não conseguimos realizar esses dois momentos no tempo planejado. Sobrando pouco tempo para a realização do terceiro momento, que foi realizado com apenas uma única questão e não três como programamos. Além disso, esta era a última semana de aula dos estudantes, o compreendemos ter contribuído para um quórum baixo neste encontro – e por isso optamos por não trazermos a discussão dessa única questão feita pelos estudantes.

## 5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES ÀS QUESTÕES UTILIZANDO O APLICATIVO *PLICKERS*

Nesta seção, mostramos e analisamos os índices de erro e acerto em questões realizadas pelos estudantes. Dentre as vinte e sete questões desenvolvidas ao longo da SD, escolhemos dez adotando dois critérios que julgamos relevantes:

1. Estudar o índice de acerto das questões que abordaram, implícita ou explicitamente, o conteúdo de conservação da energia mecânica, uma vez que ele representa o cerne do trabalho apresentado;
2. Reduzir a possibilidade de indicação pelos estudantes de uma alternativa errada por engano no uso do cartão de resposta do aplicativo *Plickers*. Assim, utilizamos as questões que foram apresentadas e discutidas na terceira e quarta aula da SD quando os estudantes estavam habituados e ambientados com o seu uso.

Para esta análise, construímos a Tabela 2 abaixo, onde constam as questões selecionadas – indicada pela letra Q –, seus objetivos, a aula em que foram discutidas e os percentuais de marcação dos estudantes em cada uma delas, com a indicação da alternativa correta representada pela sigla GAB.

Tabela 2 – Questões analisadas, objetivos e percentuais de acerto.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
13	Comparar a energia cinética de corpos com massas diferentes e velocidades iguais.	3	25,00%	0,00%	GAB. 62,50%	12,50%
14	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	0 %	GAB. 75,00%	12,50%	12,50%
15	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	37,50%	GAB. 62,50%	0,00%	0,00%
20	Compreender como a aceleração da gravidade se relaciona com a velocidade de queda dos corpos.	3	37,50%	GAB. 37,50%	25,00%	0,00%
22	Relacionar a rigidez de um material elástico deformado com a altura máxima atingida por um corpo num lançamento vertical.	4	0,00%	0,00%	28,57%	GAB. 71,43%
23	Relacionar a rigidez de um material elástico deformado com a altura máxima atingida e a energia potencial gravitacional neste ponto.	4	42,86%	GAB. 57,14%	0,00%	0,00%
24	Comparar a energia potencial gravitacional no início do problema com a energia cinética no final.	4	0,00%	0,00%	GAB. 85,71%	14,29%
25	Identificar que a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética.	4	0,00%	14,29%	GAB. 85,71%	0,00%
26	Identificar que a energia potencial elástica se transforma em energia potencial gravitacional.	4	0,00%	GAB. 100,00%	0,00%	0,00%
27	Identificar que a energia potencial elástica se transforma em energia cinética e depois se transforma em energia potencial gravitacional.	4	GAB. 71,43%	0,00%	29,57%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

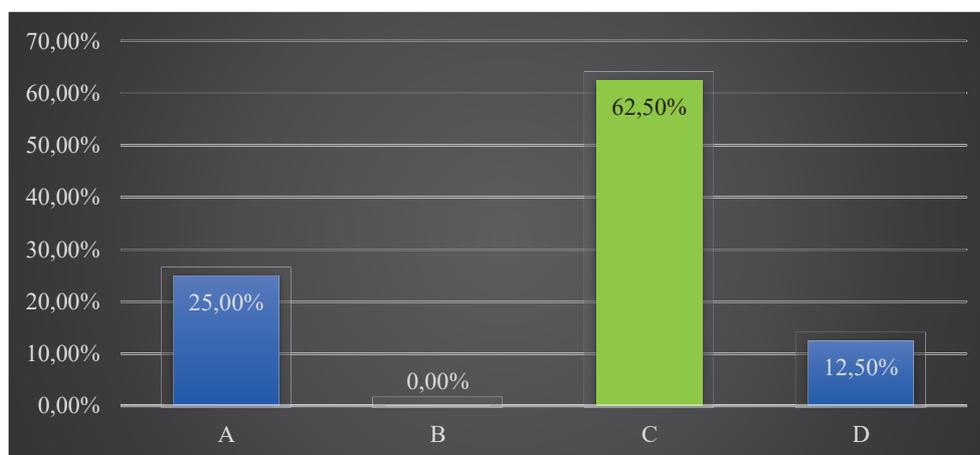
Para esta análise, optamos em expor as questões na ordem em que foram trabalhadas com os estudantes. Nesta discussão, que apresentamos a seguir, trazemos o enunciado das questões, no qual destacamos a alternativa correta, o gráfico do índice de acerto em cada uma delas, no qual indicamos em verde o percentual de alternativa correta. Em seguida, uma breve discussão sobre o tema da questão, nossos objetivos de aprendizagem com elas, uma análise dos índices de acerto e as alternativas terapêuticas (TURRA et al., 1998) adotadas em cada uma.

Na questão 13, tivemos como objetivo que os estudantes fossem capazes de comparar duas situações distintas relacionadas entre si pelas grandezas envolvidas e concluíssem que a energia potencial gravitacional se transformava em energia cinética.

**Questão 13:** Daniel e André estão parados na mesma altura de um tobogã em relação ao chão. Mas Daniel tem o dobro do peso de André. Em um certo instante, os dois começam a escorregar pelo tobogã. Desprezando os atritos, podemos afirmar que:

- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas e velocidades são diferentes.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais e os valores de suas velocidades são iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são diferentes e os valores de suas velocidades são iguais.**
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais e os valores de suas velocidades são diferentes.

Gráfico 1 – Índice de acerto na Questão 13.



Fonte: Elaboração própria.

Entendemos que a questão 13 tem algumas sutilezas, como identificar que apesar da diferença de massa as velocidades são iguais e que apesar da mesma velocidade, as energias cinéticas são diferentes. Isto é, foi necessário que o estudante analisasse as duas grandezas envolvidas na energia cinética. Entendemos que essa análise não é trivial de ser realizada num primeiro momento para quem está tendo contato pela primeira vez com o conteúdo de Física que trabalhamos, como era o caso da maioria dos estudantes. Assim, para a correção da questão, lembramos de problemas com situações semelhantes que já tínhamos abordado em outras aulas e que fomos mudando as variáveis do problema pouco a pouco até chegarmos no que a questão 13 propunha. A situação descrita na questão 13 era parecida com outras já trabalhadas com os

estudantes, mas que não tinham como objetivo discutir a conservação da energia mecânica. Isto é, o problema falando de dois garotos em um tobogã não era inédito para eles, pois já havia aparecido e sido discutido anteriormente, mas com outro conteúdo e com outro objetivo, conforme pode ser notado na lista das questões utilizadas no APÊNDICE 2 – Produto Educacional, item 6 – Questões desenvolvidas.

Para finalizarmos a intervenção nesta questão, também atribuímos valores numéricos a algumas grandezas envolvidas nela. Colocamos um valor para a aceleração que os garotos tinham, por exemplo  $2\text{ m/s}^2$ , e a distância que teriam escorregado, por exemplo  $16\text{ m}$ . Nesse momento, como ainda não tínhamos feito a formalização de conservação da energia, recorremos à cinemática para encontrarmos a velocidade que os garotos chegavam na base do tobogã. Por ser uma turma de 9º ano do EF e exigir pouco aprofundamento sobre decomposição vetorial, não discutimos sobre a decomposição de  $\vec{g}$  para chegarmos na aceleração dos garotos, apenas dissemos que ela tinha o valor que falamos e que poderia ser maior ou menor conforme fosse a inclinação do tobogã. Feito isso, havíamos encontrado a velocidade final dos garotos. Para terminarmos a explicação, e mostramos que suas energias cinéticas eram diferentes, colocamos também um valor para os pesos que os meninos tinham, por exemplo Daniel com  $800\text{ N}$  e André com  $400\text{ N}$ . Como tínhamos considerado a aceleração da gravidade com o módulo de  $10\text{ m/s}^2$ , encontramos suas respectivas massas como sendo de  $80\text{ kg}$  e  $40\text{ kg}$ . Feito isso, pudemos substituir os valores encontrados na equação da energia cinética (55) e verificarmos que embora tivessem a mesma velocidade, por conta de suas massas, as energias cinéticas eram diferentes e que a massa do corpo, em um sistema conservativo, não interfere na velocidade de queda de um corpo.

Entendemos que a utilização dos números pode ter simplificado este exercício propriamente dito, mas a simplificação particular nesta questão não implica em uma compreensão conceitual mais ampla e para além do que foi proposto nesta questão. Isto é, consideramos que ao atribuímos valores numéricos a um problema, estamos particularizando uma situação, saindo do âmbito do geral para o específico. Todavia, percebemos que estudantes no começo do estudo da Física têm grandes dificuldade em operar problemas puramente literais. Assim sendo, fazemos a ressalva de que ao atribuímos valores numéricos, precisamos ter o cuidado para não incorremos em nos afastar da fenomenologia e enfatizarmos apenas a questão matemática do problema. Situações análogas a essa podem ser entendidas e analisadas sob o mesmo prisma da conservação da energia. Ao colocarmos os valores numéricos, podemos estar sujeitos ao risco de provocar o raciocínio sempre do ponto de vista da cinemática, que comumente apresenta uma grande relação com a matematização dos problemas; enquanto que

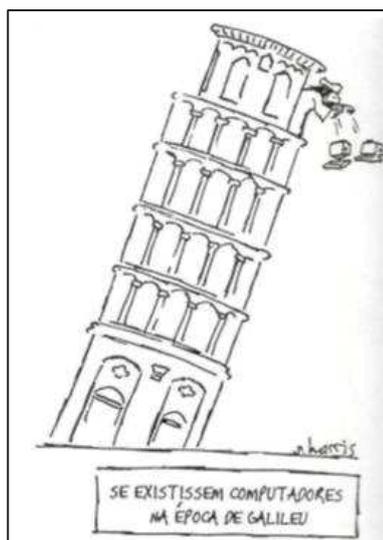
ao analisarmos a situação do ponto de vista da energia, podemos trabalhar no problema sob uma perspectiva mais conceitual, generalista e ampliada da situação descrita e das grandezas envolvidas. Dessa forma, destacamos que o mero fato de se explicar uma fórmula e propor aos estudantes um exercício que necessitará apenas da substituição dos dados e o estudante chega na resposta final correta, não necessariamente implica que o conceito de Física foi aprendido; o que podemos inferir é que o estudante teria entendido aquele caso particular – acertar a conta não obrigatoriamente requer uma compreensão do fenômeno. Ressaltamos não estamos avaliando a prática de atribuir valores numéricos para todo e qualquer exercício, apenas estamos discutindo que neste exercício – e alguns outros – fizemos uso deste tipo de intervenção para clarificar a explicação deste exercício; mas tendo em vista essa ressalva que fizemos. Nesse sentido, retomamos a discussão que apresentamos na introdução deste trabalho acerca do EC, em que Santos (2007) identifica uma presença massiva de “resolução ritualística de exercícios e problemas escolares que não requerem compreensão conceitual mais ampla” (SANTOS, 2007, p. 486).

No mais, destacamos que o foco de nosso trabalho não é a cinemática (!), todavia, como esse foi um assunto já trabalhado previamente, o aproveitamos em alguns momentos para a discussão daquilo que é o cerne de nosso trabalho. Fizemos isso por entendermos que para introduzir um conteúdo novo, no caso energia e sua conservação, podemos – e devemos na medida daquilo que for possível – aproveitar os conhecimentos prévios de nossos estudantes.

Na questão 14, eles deveriam compreender o problema proposto a partir das grandezas relacionadas à energia potencial gravitacional. Deveriam compreender, então, que apesar da diferença entre as massas envolvidas, os corpos chegam ao solo com a mesma velocidade.

**Questão 14:** A charge a seguir, do artista americano Sidney Harris, ilustra uma experiência atribuída à Galileu Galilei (1564-1642) na Torre de Pisa, na Itália, na qual ele abandona do alto da torre dois corpos de massas distintas. Apesar de não haver nenhum registro histórico sobre essa experiência e de, provavelmente, não ter acontecido, ela se tornou muito conhecida para descrever o caráter experimental do italiano. Sobre a experiência, desconsiderando a resistência do ar, é CORRETO afirmar que:

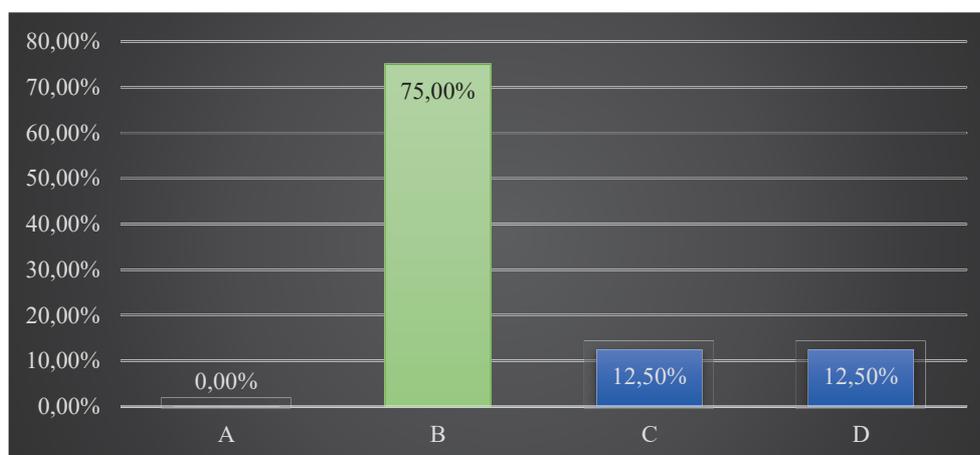
Figura 43 – Ilustração do artista americano Sidney Harris de objetos sendo lançados do alto da Torre de Pisa.



Fonte: Harris (2007 *apud* COPESE, 2013)

- a) se houvesse realizado a experiência, Galileu observaria que os corpos chegariam ao chão juntos, mas com velocidades diferentes.
- b) ela demonstraria que corpos de massas diferentes, quando abandonados de uma mesma altura, atingem, simultaneamente, o chão, com as mesmas velocidades.**
- c) ela demonstraria que os corpos em queda possuem acelerações proporcionais a suas massas.
- d) ela demonstraria que o corpo de maior massa chegaria ao chão primeiro e com maior velocidade do que o corpo de menor massa.

Gráfico 2 – Índice de acerto na Questão 14.



Fonte: Elaboração própria.

Pelas respostas erradas que foram marcadas pelos estudantes, entendemos que havia a presença de um pensamento de raiz aristotélica, em que corpos de massas diferentes em uma

queda possuem comportamentos distintos. Para a correção desta questão, então, reforçamos a consideração de que não estamos levando em conta a resistência do ar. Revisitamos as considerações que fizemos no exercício anterior, pois, embora possuam suas contextualizações particularizadas, essencialmente são semelhantes. Após tabela comparativa entre a questão 13 e 14 abaixo, que mostra relação entre as duas questões, discutimos acerca das delas e como foi feita a correção desta.

Tabela 3 – Relação entre a Questão 13 e Questão 14.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
13	Comparar a energia cinética de corpos com massas diferentes e velocidades iguais.	3	25,00%	0,00%	GAB. 62,50%	12,50%
14	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	0 %	GAB. 75,00%	12,50%	12,50%

Fonte: Elaboração própria.

Em nosso entendimento, a discussão que tivemos na correção da questão 13 contribuiu para o aumento do índice de acerto da questão 14. O conteúdo que era necessário ser aprendido pelo estudante era que as velocidades de corpos abandonados de uma mesma altura serão iguais em um mesmo ponto da queda independentemente de suas massas. Durante a correção da questão 13, esse conteúdo foi revisitado na questão 14, embora o enunciado fosse diferente e a contextualização fosse outra, – uma questão falava de um tobogã e a outra da Torre de Pisa que retoma uma questão de queda livre, – o conteúdo principal é o mesmo. Além disso, entendemos que a discussão também pode ter suscitado a lembrança de outro momento do conteúdo, em que estudávamos cinemática, onde questões semelhantes a 14 eram comumente trabalhadas. Na época, assistimos ao vídeo em que o astronauta David Scott, comandante da Apollo 15, em seu último dia da missão na Lua, realizou o experimento descrito por Galileu, soltando um martelo e uma pena da mesma altura (SCIENCE NEWS, 2019); além desse vídeo, também assistimos a um outro vídeo produzido pela NASA na câmara de vácuo do *Space Power Facility*, em que uma bola de boliche e algumas penas são abandonadas num ambiente sem a resistência do ar (BBC, 2014).

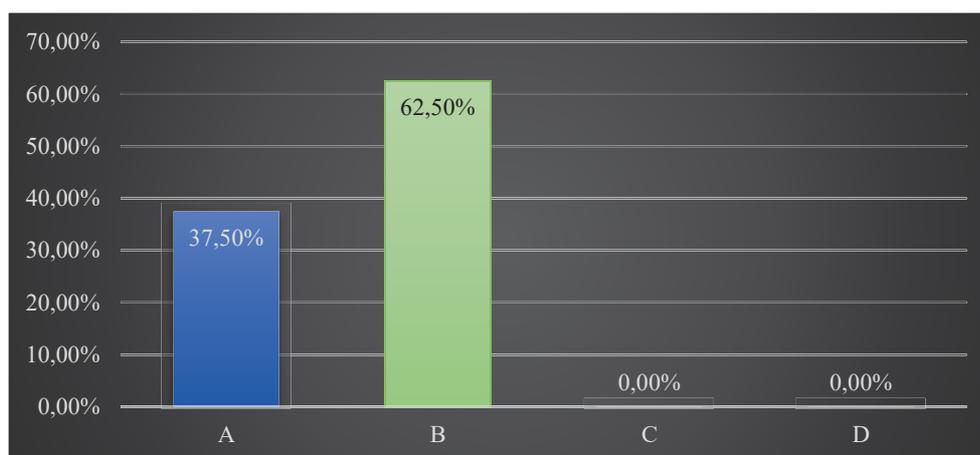
Na questão 15, objetivamos que os estudantes compreendessem que a velocidade depende apenas da altura inicial, enquanto a energia cinética depende não somente da velocidade, mas também da massa. Deveriam compreender, então, que apesar da diferença de massa, os corpos chegam ao solo com a mesma velocidade. Todavia, era necessário lembrar

que a aceleração da gravidade no local influencia a velocidade adquirida pelo corpo em queda, consequentemente, influenciando na energia cinética.

**Questão 15:** Se o experimento de Galileu fosse realizado com um martelo e uma pena na Lua, onde a aceleração da gravidade é aproximadamente 6 vezes menor que na Terra, podemos dizer que:

- A pena e o martelo atingem o solo com a mesma velocidade, portanto, com energia cinéticas iguais ao atingir o solo.
- A pena e o martelo atingem o solo com a mesma velocidade, mas a energia cinética do martelo é maior ao atingir o solo.**
- O martelo cai primeiro no solo com uma velocidade maior, portanto a energia cinética do martelo seria maior ao atingir o solo.
- A pena cai primeiro no solo por ser mais leve e ter menos resistência ao seu movimento. Assim, a energia cinética da pena é maior ao atingir o solo.

Gráfico 3 – Índice de acerto na Questão 15.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4 – Relação entre a Questão 14 e Questão 15.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
14	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	0 %	GAB. 75,00%	12,50%	12,50%
15	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	37,50%	GAB. 62,50%	0,00%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

Na questão 14, como dissemos, era necessário que os estudantes entendessem que a velocidade depende apenas da altura inicial dos corpos. Entendemos que a queda do índice de

acerto desta questão para a questão 15 ocorreu pelo fato de falarmos de maneira aberta e evidente em outra aceleração da gravidade. Isto é, a ambientação do suposto experimento sendo realizado na Lua e não na Terra pode ter sido o fator que gerou a confusão em alguns estudantes, fazendo-os optar pela alternativa incorreta. Dessa forma, julgamos pertinente adotarmos como alternativa terapêutica fazermos uma explicação diferenciando massa e peso; para isso, inclusive, revisitamos esse tema novamente na questão 17<sup>39</sup>. Outro ponto que entendemos que pode ter contribuído para esta redução é a possível confusão por parte de alguns estudantes entre os conceitos de aceleração e velocidade, tratando essas grandezas como sinônimos.

O objetivo na questão 20 foi que os estudantes compreendessem duas situações distintas relacionadas pelas grandezas envolvidas e fossem capazes de concluir que a energia potencial gravitacional se transformava em energia cinética, mas que ambas dependiam da aceleração gravitacional à qual o corpo estava sujeito.

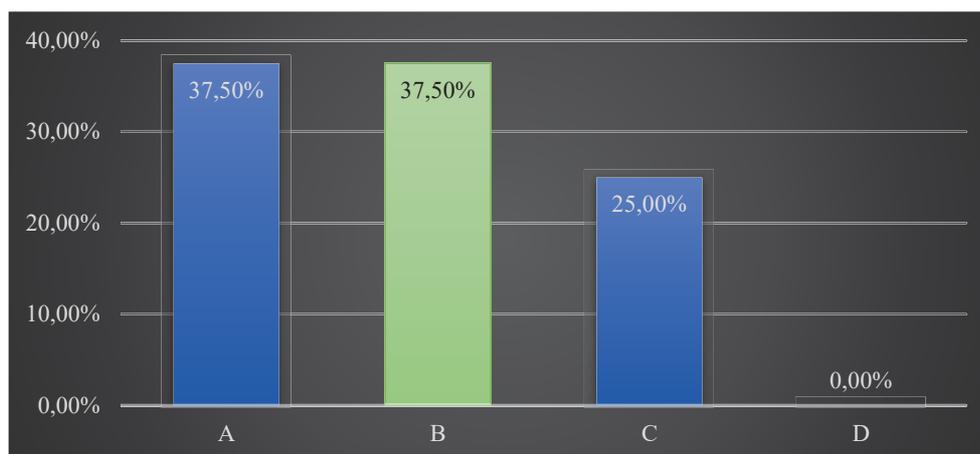
**Questão 20:** O peso de um objeto na Lua é igual a um sexto do seu peso na Terra. Considere que este objeto tenha sido abandonado do repouso a 10 metros do solo terrestre e a 10 metros do solo lunar. Podemos dizer que:

- a) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade igual à que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a mesma.
- b) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade menor do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a menor.**
- c) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade maior do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a maior.
- d) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade maior do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a menor.

---

<sup>39</sup> Não trouxemos a análise dessa questão, pois como dissemos no início desta seção, o foco de nosso trabalho está na análise em questões sobre conservação da energia mecânica.

Gráfico 4 – Índice de acerto na Questão 20.



Fonte: Elaboração própria.

Nesta questão, revisitamos os itens que continham as questões 14 e 15, mas era necessário lembrar que a aceleração da gravidade local influencia tanto a velocidade adquirida pelo corpo em queda quanto sua energia cinética. O ponto principal da questão 20 é, em primeiro lugar, diferenciar massa e peso de um corpo. Esta diferença está pautada no fato de que a massa será sempre a mesma estando o corpo na lua, na terra, em Júpiter, etc, enquanto o peso será diferente por conta dos valores de  $g$ . Somente tendo clareza desta diferença o estudante é capaz de raciocinar sobre o que acontece com os valores de velocidade e energia cinética de um corpo. Entendemos que de modo geral, os estudantes apresentam uma dificuldade, que compreendemos ser natural, com o controle de variáveis e que  $g$  é um número.

Esta vigésima questão abordava a aceleração da gravidade na Terra e na Lua. Entendemos que para os estudantes compreenderem o que é esta aceleração não é um processo trivial. Nisso, entendemos que além da discussão sobre conservação da energia, este outro conceito também presente, a aceleração da gravidade, era necessário para a resolução da questão. Todavia, o foco da aula não passava por esse tópico de maneira aprofundada, visto que a aceleração da gravidade tinha sido abordada quando estudávamos cinemática. E embora não fosse este o cerne da questão, a discutimos por julgamos o tema importante por ser uma preparação para formalizarmos o conceito de conservação da energia mecânica na aula seguinte.

Após a apuração do resultado, em que mostramos a alternativa correta, os estudantes queriam entender o que tinha de diferente entre as questões 14, 15 e 20. Foi interessante observar que alguns colegas logo se manifestaram apontando a aceleração da gravidade no local como fator diferenciador.

Esse foi o mote que utilizamos para explicar a situação envolvida. A alternativa terapêutica (TURRA *et al.*, 1998) que adotamos nesse item passou por recordarmos e rediscutirmos as outras questões que trabalhamos envolvendo o processo de transformação de energia potencial gravitacional para energia cinética, como as questões 13 e 14 que discutimos anteriormente. Apontamos também a questão 17, na qual abordamos a diferença entre peso e massa.

Para isso, julgamos necessário revisitar o papel da aceleração da gravidade e da força peso na influência da energia potencial gravitacional e conseqüentemente em sua transformação em energia cinética.

Tabela 5 – Relação entre a Questão 15 e Questão 20.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
15	Compreender que corpos abandonados a uma mesma altura atingem o solo com a mesma velocidade, mesmo possuindo massas diferentes.	3	37,50%	GAB. 62,50%	0,00%	0,00%
20	Compreender como a aceleração da gravidade se relaciona com a velocidade da queda dos corpos.	3	37,50%	GAB. 37,50%	25,00%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

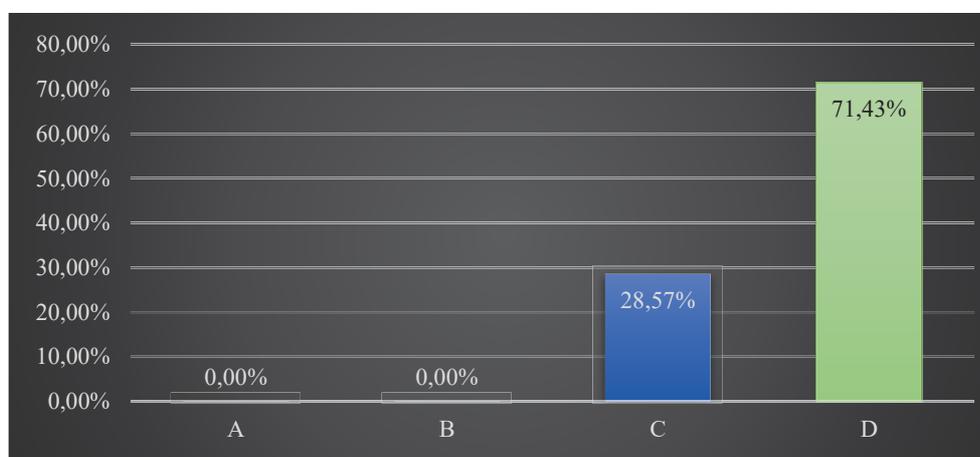
Entendemos que após a queda do índice de acertos entre as questões 14 e 15, deveríamos ter feito uma intervenção terapêutica (TURRA *et al.*, 1998) específica sobre os conceitos de aceleração e aceleração da gravidade. Isto é, em nossa compreensão, a questão 15 desempenhou um papel de avaliação diagnóstica no que diz respeito à abordagem da aceleração da gravidade. Para isso, trabalhamos na questão 17 a diferença entre massa e peso – e pelo índice de acerto ter sido alto, 75%, e termos feito discussões em sua correção, entendemos que os estudantes tinham compreendido a diferença e entendido o papel que a aceleração da gravidade exerce. Nesse sentido, entendemos que um outro ponto deve ser considerado na análise da queda de acerto da questão 20, que é o momento em que a pergunta foi feita. No dia os estudantes tiveram dois conjuntos de atividades: a primeira foi composta por cinco questões e a segunda composta por oito questões. Desse modo, a questão 20 foi a 13<sup>a</sup> trabalhada no dia. Entendemos que o cansaço dos estudantes e a possível ansiedade por realizar o experimento previsto para esta aula podem ter se refletido no índice de acertos.

A questão 22 foi realizada na quarta aula, contudo, os conceitos a ela relacionados foram tratados no experimento realizado na aula anterior. Nesta questão, eles deveriam ser capazes de relacionar o que acontece com a energia potencial elástica, quando trocamos o objeto deformado por um mais rígido, com sua transformação em energia potencial gravitacional.

**Questão 22:** Se uma pessoa efetuar um disparo verticalmente para cima com um estilingue, podemos afirmar que:

- Mesmo se a borracha for trocada, o corpo subirá sempre a mesma altura.
- Se a borracha for trocada por uma mais firme e esticada da mesma forma, a pedra subirá a uma altura menor.
- Se a borracha for trocada por uma mais macia e esticada da mesma forma, a pedra subirá a uma altura maior.
- Para fazer o objeto atingir uma altura maior, a pessoa pode trocar o elástico por um mais rígido ou esticá-lo mais.**

Gráfico 5 – Índice de acerto na Questão 22.



Fonte: Elaboração própria.

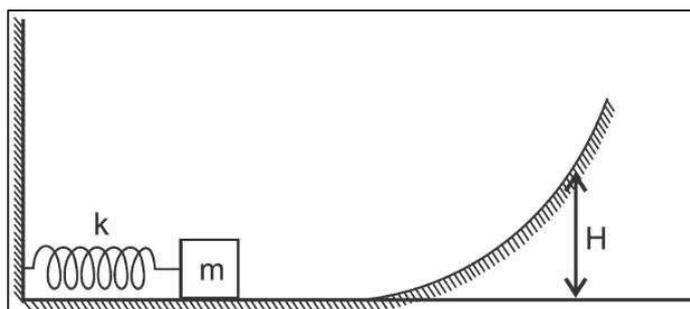
Como medida terapêutica, visto o baixo índice de acerto que percebemos após a questão 20, que foi a última questão da aula anterior, antes de seguirmos com as perguntas através do *Plickers* feitas a respeito dos conceitos envolvidos no experimento, recapitulamos o que tínhamos visto nas aulas anteriores através de uma aula expositiva dialogada anotando as observações no quadro. No experimento da energia potencial elástica, colocávamos um pedaço de madeira sobre um trilho e o atirávamos com diferentes elásticos. Embora o experimento tenha sido realizado na horizontal, entendemos que os estudantes podem ter sido capazes de relacioná-lo com a situação proposta na questão. Compreendemos também que a experiência de vida trazida pela vivência dos estudantes pode ter contribuído para o problema, visto que a questão abordava um assunto ligado a um brinquedo comum entre eles.

Na questão 23 eles também deveriam ser capazes de relacionar o que acontece com a energia potencial elástica, quando trocamos o objeto deformado por um mais rígido, com sua transformação em energia potencial gravitacional. Além disso, a questão abordou a transformação da energia cinética em energia potencial gravitacional no final do processo.

Embora o enunciado não tenha mencionado que a deformação sofrida pela mola seja a mesma, essa consideração foi feita com os estudantes; consideramos que num novo trabalho com esta questão, ela deva ter seu enunciado reescrito explicitando a hipótese considerada.

**Questão 23:** Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

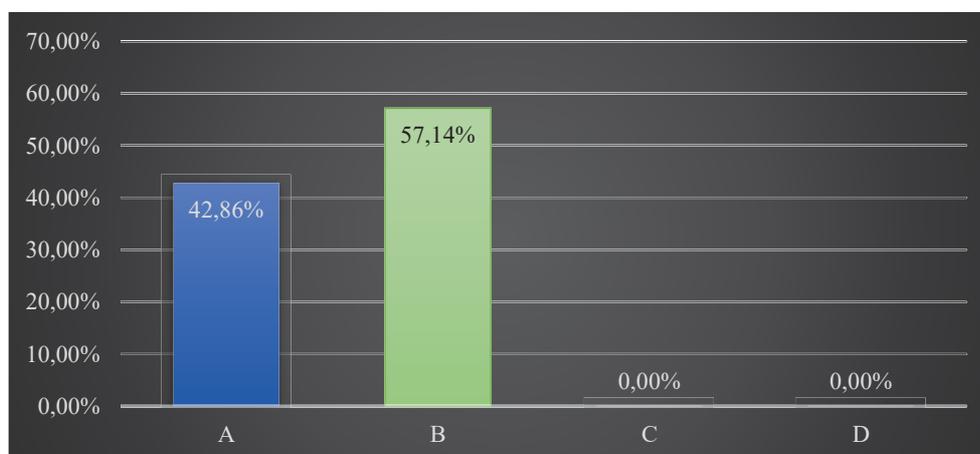
Figura 44 – Sistema massa-mola.



Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- Quanto mais dura for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá energia potencial gravitacional e energia cinética.
- Quanto mais dura for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá apenas energia potencial gravitacional.**
- Quanto mais macia for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá apenas energia potencial gravitacional.
- Quanto mais macia for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá energia potencial gravitacional e energia cinética.

Gráfico 6 – Índice de acerto na Questão 23.



Fonte: Elaboração própria.

A questão 23 trabalhou com as energias que compõem a energia mecânica antes da formalização do tema de conservação da energia. Para sua correção revisitamos o conceito de

que um corpo para inverter o sentido de seu movimento é preciso que em algum momento ele pare de se mover em um sentido para mudar de sentido; sendo assim, naquele momento em que ele para sua velocidade vai à zero. Relacionamos isso com a altura máxima de um corpo. Isto é, se um corpo atingiu o que chamamos de altura máxima é porque ele parou de subir; conseqüentemente, se ele parou de subir foi porque sua velocidade se anulou naquele momento. Após essas colocações na correção, acrescentamos o fato de que se a velocidade do corpo é zero, sua energia cinética também é zero, e no caso de um sistema conservativo, como foi o que trabalhamos, a energia mecânica resulta apenas na energia potencial gravitacional.

Tabela 6 – Relação entre a Questão 22 e Questão 23.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
22	Relacionar a rigidez de um material elástico deformado com a altura máxima atingida por um corpo num lançamento vertical.	4	0,00%	0,00%	28,57%	GAB. 71,43%
23	Relacionar a rigidez de um material elástico deformado com a altura máxima atingida e a energia potencial gravitacional neste ponto	4	42,86%	GAB. 57,14%	0,00%	0,00%

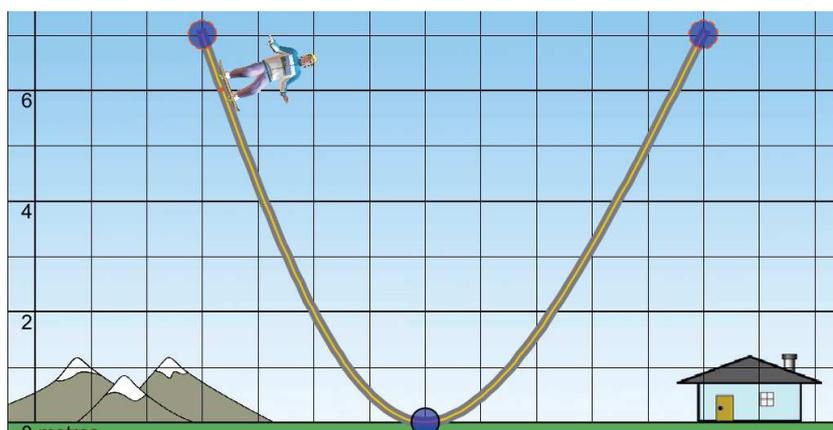
Fonte: Elaboração própria.

Embora as questões 22 e 23 apresentadas tenham o mesmo objetivo, no nosso entendimento a queda do índice de acerto pode ter ocorrido devido à questão possuir um grau de complexidade maior, exigindo que os estudantes relacionassem três tipos diferentes de energia em dois processos de transformação: (i) energia potencial elástica em energia cinética e (ii) energia cinética em energia potencial gravitacional. Além disso, pelo percentual de escolha pela alternativa (a) na questão 23, entendemos que a dificuldade dos estudantes não foi observar que a energia inicial do sistema era a potencial elástica, que está relacionada à firmeza da mola, mas sim em relacionar a altura máxima atingida pelo corpo com a anulação da velocidade do corpo, fazendo com que sua energia cinética vá a zero, de modo que a energia mecânica possa ser expressa apenas nos termos da energia potencial gravitacional naquele ponto.

A questão 24 abordou o processo de transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética.

**Questão 24:** Um atleta praticante de *skate* na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória conforme mostra a figura. Os 6 metros correspondem ao local de onde o atleta começa sua exibição.

Figura 45 – Skatista na pista.

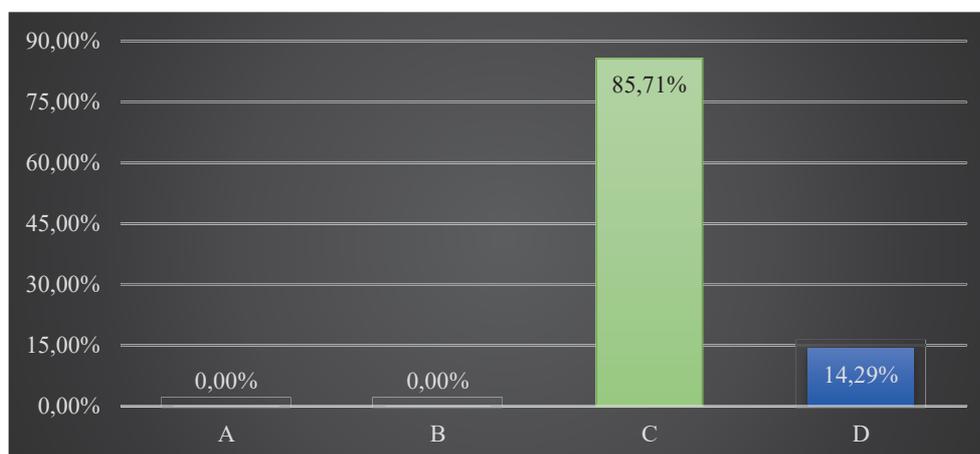


Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

Desprezando a ação de forças dissipativas é CORRETO afirmar que:

- a) a energia mecânica não é conservada.
- b) a energia cinética e a energia potencial gravitacional são iguais quando o skatista atinge os 6 metros do solo no lado direito.
- c) a energia cinética do no vale da pista é igual à energia potencial gravitacional do quando o skatista começa o movimento.**
- d) a energia potencial gravitacional é máxima quando o atleta atinge o vale da pista.

Gráfico 7 – Índice de acerto na Questão 24.



Fonte: Elaboração própria.

A temática conservação da energia mecânica foi abordada formalmente no meio da quarta aula. Isto é, embora os estudantes tenham resolvido questões a respeito da temática, formalmente ainda não tínhamos trabalhado o assunto. Entendemos que o conceito de conservação pode inicialmente ser abordado com os estudantes, por exemplo, quando eles perceberam que um tipo de energia diminui e outro aumenta.

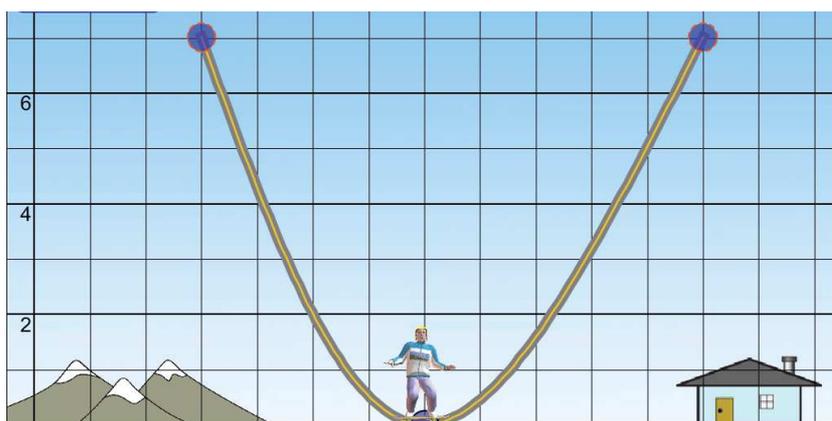
A questão 24, embora tenha sido realizada na mesma aula, ocorreu em um outro momento: após a formalização do tema central da SD – conservação da energia mecânica –, que se deu através da utilização de simulação computacional. Todavia, mesmo que a questão 24 tenha vindo após esse momento de oficializarmos o conceito da conservação da energia mecânica, entendemos que a elevação do percentual de acerto possa ter se dado parte pela explicação – que trouxemos acima – na correção da questão 23, parte pelos recursos dos gráficos que a simulação computacional proporciona; mas também por termos buscado trabalhar o conceito que o conceito de conservação da energia de maneira que ele fosse elaborado de modo intuitivo para eles.

O objetivo da questão 25 foi que os estudantes identificassem a transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética relacionando-a ao processo de conservação da energia mecânica em cada etapa da trajetória do skatista. Com isso, o esperado foi que percebessem a constância da energia mecânica.

A questão 25 tratava de um atleta de esportes radicais – e o processo de transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética durante a atividade. A problematização foi semelhante à da questão 24.

**Questão 25:** Um atleta praticante de *skate* na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória conforme mostra a figura. Os 6 metros correspondem ao local de onde o atleta começa sua exibição. Quando ele atinge o vale, podemos dizer que:

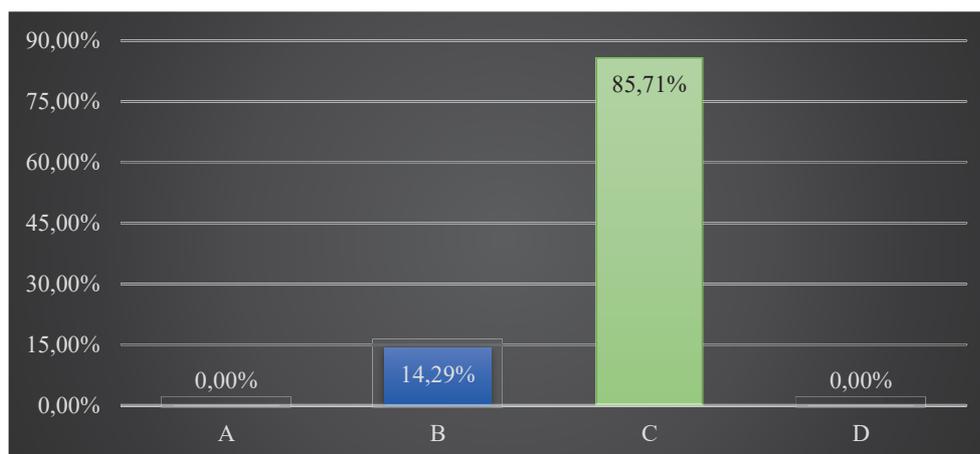
Figura 46 – Skatista no vale da pista.



Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

- A energia potencial gravitacional é destruída.
- O skatista gera energia cinética quando atinge a altura máxima.
- A energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética.**
- A energia mecânica do skatista é maior, pois a sua velocidade é mais alta.

Gráfico 8 – Índice de acerto na Questão 25.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 7 – Relação entre a Questão 24 e Questão 25.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
24	Comparar a energia potencial gravitacional no início do problema com a energia cinética no final.	4	0,00%	0,00%	GAB. 85,71%	14,29%
25	Identificar que a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética.	4	0,00%	14,29%	GAB. 85,71%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

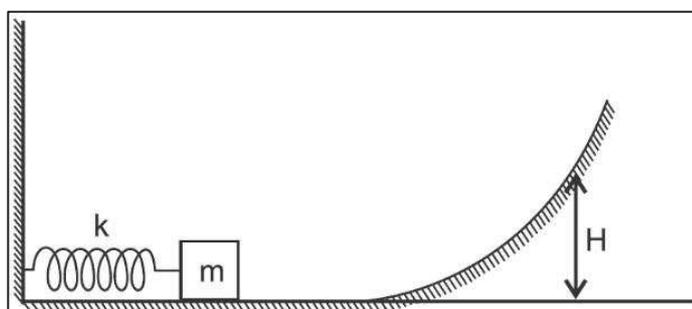
Embora tenhamos discutido o processo de transformação da energia mecânica, pela única alternativa errada que foi marcada, entendemos que ainda havia dúvidas a respeito da velocidade nula quando um corpo atinge sua altura máxima. Todavia, sobre esse aspecto, consideramos interessante ressaltar que houve uma diminuição sobre esse entendimento. Além disso, parece-nos que pode haver uma espécie de conflito entre alguns significados: se na Física dizemos que não se pode gerar energia, no dia a dia usamos com certa constância o termo gerar para processos que não são de geração, mas de transformação, como por exemplo o caso de um gerador. Supomos que esse tipo de confusão pode ter ocorrido, levando ao percentual de erro na questão 25. Durante a correção da questão, discutimos os aspectos envolvidos nela, como por exemplo, que um corpo precisa parar de subir para depois começar a descer; assim, como ele precisa parar, sua velocidade é nula naquele instante e, portanto, sua energia cinética também. Durante a discussão reforçamos o princípio da conservação da energia, enfatizando que nenhum tipo de energia pode ser destruído ou criado, somente transformado. Demos destaque ao que a própria questão discutia: se o skatista adquiriu energia cinética, isto ocorreu a partir da transformação da energia potencial gravitacional. Reforçamos o conteúdo revisitando a simulação computacional antes da discussão das questões: lembramos que o simulador mostrava um gráfico setorial – alcunhado popularmente de gráfico de *pizza* –

representando a energia total do sistema e que esse gráfico não aumentava nem diminuía seu tamanho, significando que a energia mecânica não crescia nem diminuía; assim, à medida que o skatista descia a rampa, a fatia que representava a energia cinética aumentava e a que representava a energia potencial gravitacional diminuía.

Para a questão 26, tínhamos como objetivo que os estudantes fossem capazes de identificar a conservação da energia mecânica através do processo de transformação de energia potencial elástica em energia potencial gravitacional. Embora não haja explicitude de que a força de atrito não esteja presente no problema, fizemos essa ressalva oralmente. Fizemos, assim, uma retomada de conteúdos, em especial os discutidos nas questões 22 e 23, cuja temática foi a conservação de energia mecânica, envolvendo a transformação da energia potencial elástica em energia cinética e, em seguida, desta em energia potencial gravitacional. Nesse sentido, fazemos a comparação da questão 26 com a 23, notadamente por ambas envolverem o sistema massa-mola.

**Questão 26:** Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

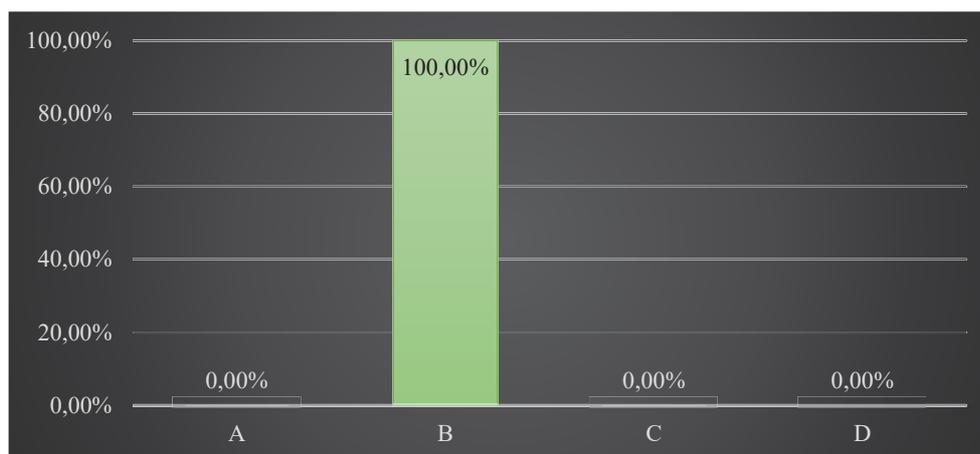
Figura 47 – Sistema massa-mola.



Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- A energia cinética quando o corpo abandona a mola é igual à energia potencial elástica quando o corpo atinge a altura  $H$ .
- A energia potencial gravitacional é máxima quando o corpo atinge a altura  $H$ .**
- A energia cinética da mola é máxima quando a mola está completamente comprimida.
- A energia potencial gravitacional é mínima na altura  $H$ .

Gráfico 9 – Índice de acerto na Questão 26.



Fonte: Elaboração própria.

Como a questão 26 apresentou um índice de acerto de 100% dos estudantes, não foi preciso adotar medidas terapêuticas. Assim, após sua correção, apenas reforçamos os procedimentos adotados após a questão 23 e fizemos uma discussão explicando o porquê das outras alternativas da questão 26 estarem erradas.

Tabela 8 – Relação entre a Questão 23 e Questão 26.

Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
23	Comparar como a rigidez de um material elástico deformado se relaciona com a energia potencial gravitacional transferida para o corpo.	4	42,86%	GAB. 57,14%	0,00%	0,00%
26	Identificar que a energia potencial elástica se transforma em energia potencial gravitacional.	4	0,00%	GAB. 100,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

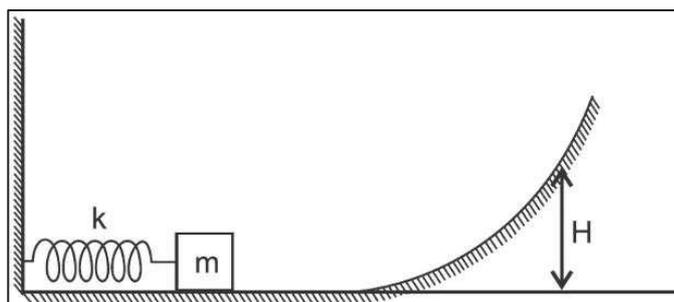
Entendemos que o alto índice de acerto na questão 26 se deve, em especial, à correção da questão 23, que envolveu os mesmos processos de transformação de energia e a mesma contextualização.

A questão 27 abordou a conservação da energia mecânica, isto é, o problema desconsiderou a presença da força de atrito, exigindo que os estudantes identificassem três tipos diferentes de energia em dois processos de transformação: (i) energia potencial elástica em energia cinética e (ii) energia cinética em energia potencial gravitacional.

### Questão 27

Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

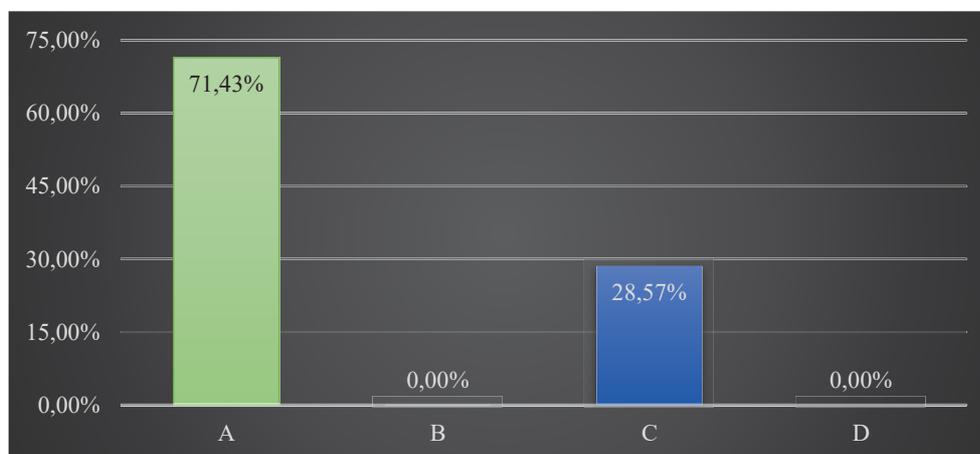
Figura 48 – Sistema massa-mola.



Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- Após soltar a mola, a energia potencial da mola é convertida em energia cinética; em seguida, quando o corpo começa a subir, a energia cinética é convertida em energia potencial gravitacional.
- Após atingir a altura máxima indicada na figura, o corpo irá voltar e comprimir a mola mais do que ela estava comprimida.
- Após atingir a altura máxima indicada na figura, o corpo irá voltar e comprimir a mola menos do que ela estava comprimida.
- Após atingir a altura máxima, o corpo não retorna para a mola.

Gráfico 10 – Índice de acerto na Questão 27.



Fonte: Elaboração própria.

Considerando que a única alternativa incorreta marcada foi a opção (c) e pela discussão que tivemos na correção, inferimos que os estudantes que a marcaram entenderam que a força de atrito estava presente no problema. Dessa forma, durante a correção, explicamos que estávamos trabalhando com sistemas conservativos e que, portanto ela não estaria presente. Isso posto, como intervenção terapêutica, revisitamos o princípio da conservação da energia ressaltando que como a energia não pode ser criada ou destruída e não tínhamos força de atrito, a energia mecânica presente no início do problema, que era apenas a energia potencial elástica,

deveria ser a mesma caso o bloco descesse a rampa e voltasse a comprimir a mola, provocando, consequentemente a mesma deformação, já que essa situação final seria a mesma da inicial. Como percebemos essa inferência da força de atrito, aproveitamos a oportunidade para explicar que se ela estivesse de fato envolvida no problema, o raciocínio presente na alternativa (c) estaria correto, pois a energia mecânica final seria menor que a inicial, isto é, haveria ocorrido dissipação de energia e, portanto, a energia mecânica final seria menor que a inicial, o que, consequentemente, estaria relacionado a uma energia potencial elástica menor e a uma menor deformação da mola.

Tabela 9 – Relação entre a Questão 26 e Questão 27.

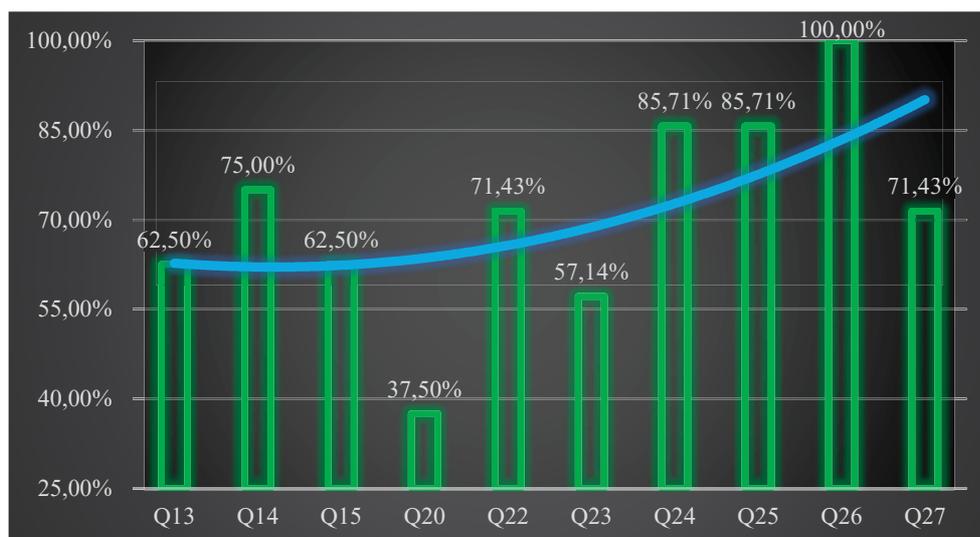
Q	Objetivos	Aula	A	B	C	D
26	Identificar que a energia potencial elástica se transforma em energia potencial gravitacional.	4	0,00%	GAB. 100,00%	0,00%	0,00%
27	Identificar que a energia potencial elástica se transforma em energia cinética e depois se transforma em energia potencial gravitacional.	4	GAB. 71,43%	0,00%	29,57%	0,00%

Fonte: Elaboração própria.

Entendemos que a questão 27 possui um grau de complexidade um pouco maior que a questão 26. A questão 26 teve como objetivo que o estudante identificasse que a energia potencial elástica estava presente somente quando a mola estava deformada, isto é, no início do problema. Esta energia se transformava em energia potencial gravitacional atingindo seu valor máximo quando o corpo atingisse a altura máxima. Por sua vez, a questão 27 descreveu todos os processos de transformação de energia que ocorreram. Isto é, inicialmente a mola é comprimida tendo o sistema massa-mola uma energia potencial elástica; em seguida, essa energia foi transferida para o objeto que foi adquirindo uma energia cinética, até que ele se desprende da mola passa a ter apenas energia cinética; após esse processo, o corpo inicia a subida da rampa, causando a redução dessa energia associada ao movimento. À medida que o objeto atinge uma altura maior ao longo da rampa, a energia cinética vai se transformando em energia potencial gravitacional do sistema objeto-Terra que atinge o seu valor máximo quando o corpo está na altura máxima em relação ao referencial.

A título de síntese do que apresentamos até este momento, apresentamos o gráfico abaixo, em que as barras representam os índices de acerto das questões analisadas e a linha indica a tendência desses dados.

Gráfico 11 – Curva de tendência do índice de acerto ao longo da SD executada.



Fonte: Elaboração própria.

Neste gráfico percebemos um crescimento no índice de acerto que atribuímos às medidas terapêuticas (TURRA *et al.*, 1998) adotadas no decorrer do uso das questões e da SD.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em minhas práticas docentes, foram incontáveis as vezes em que me deparei com algum estudante me questionando sobre a pertinência do que procurava ensinar. Pude perceber até mesmo como aluno alguns colegas com essa mesma indagação aos nossos professores; isso quando não era eu mesmo um dos que não entendia os porquês de certos assuntos que tive que estudar, não só enquanto estudante do EF e EM, mas também durante a faculdade e em alguns momentos até mesmo durante a pós – interrogações presentes na cabeça de qualquer estudante, inclusive a minha!

Nesse sentido, creio que tenha começado a entender – e felizmente antes mesmo das cãs me descerem – alguns desses porquês. Em alguns momentos eles servem de base para um entendimento e compreensão futura de um assunto, em outros pode ser uma questão de enclutramento científico – e ainda há várias outras razões que não cabem ser citadas neste momento.

Entendemos que esse processo de enculturação passa pelo LC. Por isso, em nossa SD buscamos ir além de fórmulas, equações e suas variáveis, mas em tentarmos propiciar para nossos estudantes a compreensão da importância da Ciência no cotidiano, possibilitando-os fazerem uma leitura crítica dos conceitos e fenômenos no seu dia a dia, e entendendo seu papel como cidadão na sociedade que está inserido. Dentro desta perspectiva, Santos (2007) ainda destaca o engessamento que o professor sofre frente a algumas matrizes curriculares voltadas para a preparação dos estudantes realizar exames vestibulares específicos. Destarte, embora a proposta do local onde desenvolvemos nosso trabalho seja de preparação para um processo de avaliação, pelos resultados obtidos através dos índices observados, entendemos que o processo de avaliação formativa se mostrou expressivo. Nesse sentido, relembramos da distinção entre exame e avaliação feita por Luckesi (2000): enquanto aquele é excludente, este é includente. Assim, o autor ainda lembra que a avaliação traz o estudante para dentro e é algo contínuo. Dessa forma, um mal resultado não deve excluir aquele educando que o obteve, mas trazê-lo para junto dos outros e o professor deverá ter o papel de buscar construir o conhecimento com ele. Contrapondo-se à avaliação, o exame se resume àquele momento no qual ocorreu, não levando-se em consideração o antes do estudante e nem o que se fazer depois do resultado no que diz respeito ao processo de ensino. Desse modo, entendemos que através dos índices que tivemos decorrentes dessa predisposição em acolhermos nossos estudantes durante o processo pode ter sido um dos fatores que nos permitiu inferir no aumento da aprendizagem e conseqüentemente contribuíram para o crescimento nos acertos

Além de termos buscado trabalhar de uma forma inclusiva sob a perspectiva da avaliação formativa, o recurso da experimentação, tanto material quanto virtual, se mostrou um meio relevantemente produtivo para a elaboração do conhecimento científico e uma ferramenta de inclusão científica, pois possui potencial de permitir aos estudantes compreenderem como a Ciência é formada, a sua linguagem e entenderem que sua construção é um processo dialético através da elaboração e reelaboração de hipóteses.

Outrossim, a posição que defendemos não é a de mera adesão a um modismo ou a de investir em dispositivos e programas de aquisição automática de dados por causa do apelo das novas tecnologias. Assim, ao utilizarmos metodologias que envolvam essas ferramentas, temos que constantemente ter cuidado para não incorremos no risco de sermos excluídos com esse recurso pedagógico.

Com parcimônia indicamos que a saída não é mergulharmos nos experimentos virtuais abandonando os materiais. Entendemos que esse mergulho corre risco de afogamento – ou pior: se afogar no raso! A mera escolha de equipamentos alternativos ou o uso de laboratórios baseados em computador não resolve os problemas relacionados com a aprendizagem de Ciências a partir de atividades prático-experimentais. A clareza sobre o que se pretende conseguir com o uso do laboratório, orientada pela pesquisa educacional, continua sendo tão importante quanto o é no laboratório convencional (BORGES, 2002).

Ademais, com a abordagem utilizada, pudemos acompanhar o aprendizado ao longo da SD. Trabalhamos com uma turma do 9º ano que fez o exame de seleção do IF Sudeste MG, em uma SD organizada em quatro aulas utilizando experimentos segundo a perspectiva da demonstração investigativa. Propomos que o banco de questões seja ampliado com vistas a obter dados mais fidedignos no que se refere ao índice de acertos e permita abordar os conceitos físicos a partir de situações distintas na perspectiva da avaliação formativa. Nesse mesmo sentido, consideramos que seja importante a realização desta SD em um universo amostral maior de estudantes.

Outrossim, consideramos que nossa SD completa poderia ter sido realizada nos quatro encontros que foram planejados inicialmente, se não tivéssemos tido os contratemplos que relatamos.

Por fim, entendemos que as práticas que adotamos e os dados que coletamos e apresentamos nessa dissertação não se esgotam nesse trabalho. Isto é, percebemos a importância de fazermos esta SD em outros espaços educativos, inclusive adaptá-la para outras séries. Além disso, consideramos pertinente a diversificação das experimentações para outros modelos, como por exemplo através do ensino por investigação. Também compreendemos como

pertinente a possibilidade de diversificarmos as questões. Nesse sentido, entendemos que trabalhar dentro dessa perspectiva poderia ser gerado um outro tipo de aprendizagem.

No mais, vemos que no cotidiano é comum, nós professores, adotarmos em nossas práticas o *feedback* de uma explicação de algum conteúdo ou resolução de um exercício, etc., as expressões faciais e sonoras que os estudantes costumam demonstrar: uma troca de olhares entre os colegas, uma levantada de sobrancelha, alguma interjeição proferida, algum gesto, etc. E nesse sentido, entendemos que o *Plickers* se mostrou um instrumento facilitador do trabalho do professor em monitorar o processo de ensino e aprendizagem. Não se trata de o apontarmos como uma panaceia que será capaz de resolver todos os problemas ou como a melhor ferramenta de monitoramento disponível. Todavia, o apresentamos como uma possibilidade para o professor supervisionar esse processo e ainda acompanhar individualmente cada aluno. Embora as expressões faciais e sonoras dos estudantes possa funcionar como uma espécie de termômetro a respeito da compreensão sobre um assunto e essa medida é um elemento comum dentro da cultura escolar hodierna, não podemos negar o risco de sermos traídos por nossos sentidos, pois esses elementos podem não nos fornecem uma base material para trabalharmos. Isto é, temos que ter em mente que as interpretações dessas reações são abstratas e podem ser baseadas na subjetividade do professor. Assim sendo, como o *Plickers* nos permite identificar o índice de acerto e erro de cada estudante e a média geral da turma, ele se torna uma ferramenta capaz de fornecer os dados que podem servir de base material e concreta para o monitoramento da compreensão da turma frente a uma explicação do professor.

## REFERÊNCIAS

ALAVARSE, O. M.; BRAVO, M. H.; MACHADO, C. Avaliação como Diretriz das Políticas Educacionais dos Governos Federal, Estaduais e Municipais: o caso brasileiro. **III Congresso Ibero-Americano de Política e Administração da Educação**, Zaragoza, 2012. Disponível em:

<[https://www.anpae.org.br/iberoamericano2012/Trabalhos/OcimarM.Alavarse\\_res\\_int\\_GT3.pdf](https://www.anpae.org.br/iberoamericano2012/Trabalhos/OcimarM.Alavarse_res_int_GT3.pdf)>. Acesso em: 12 Março 2020.

ARISTÓTELES. **Metafísica (Livro I e Livro II). Ética a Nicômaco**. São Paulo: Editora Abril, 1984. Em *Metafísica*: Tradução direta do grego por Vincenzo Coeco e notas de Joaquim de Carvalho. Em *Ética a Nicômaco*: Tradução de Leonel Vallandro e Gerd Bornheim da versão inglesa de William David Ross.

AZEVEDO, M. C. P. S. D. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO (ORG.), A. M. P.; NASCIMENTO, M. C. P. S.; NASCIMENTO, V. B.; CAPECCHI, M. C. M.; VANNUCHI, A. I.; CASTRO, R. S.; PIETROCOLA, M.; VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning Ltda., 2004. p. 19-33. ISBN 85-221-0353-4.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977. ISBN 972-44-0898-1.

BARROS, J. A. **Roteiros: Laboratório de Física I**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2002.

BBC. 1 vídeo (4 minutos e 41 segundos). Brian Cox visits the world's biggest vacuum | Human Universe - BBC. **Publicado pelo canal BBC**, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>>. Acesso em: 22 Outubro 2019.

BBC BRASIL. Pisa: como o desempenho do Brasil no exame se compara ao de outros países da América Latina. **BBC News Brasil**, 03 Dezembro 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50646695>>. Acesso em: 03 Setembro 2020.

BIANCHI, C. D. S.; MELO, W. V. D. Compreendendo o Modo de Vida Autótrofo: Concepções de Alunos sobre a Fotossíntese. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, 2015. ISSN 1982-2413. Disponível em: <[http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID261/v10\\_n1\\_a2015.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID261/v10_n1_a2015.pdf)>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.

BIPM. 17e Conférence Générale des Poids et Mesures. **Comptes Rendus**, Sèvres, 1984. 97-98. Disponível em: <<https://www.bipm.org/utils/common/pdf/CGPM/CGPM17.pdf#page=97>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T.; MADDAUS, G. F. **Manual de avaliação formativa e somativa do aprendizado escolar**. São Paulo: Pioneira, 1983.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291 - 313, 2002. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6607/6099>>. Acesso em: 30 Janeiro 2020.

BRASIL. **Lei 8.112/90**. Brasília: Diário Oficial da União (DOU), 1990. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8112cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8112cons.htm)>. Acesso em: 03 Setembro 2020. Lei nº 8.112 de 11 de dezembro de 1990.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília: Diário Oficial da União (DOU), 1996. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf)>. Acesso em: 08 Março 2020. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Guia de Elaboração e Revisão de Itens**, Brasília, DF, Abril 2010.

BRASIL. Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa). **INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, Brasília, 03 dezembro 2019b. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/pisa>>. Acesso em: 03 Setembro 2020.

BRECHT, E. B. F. **Perguntas de um trabalhador que lê**. [S.l.]: [s.n.], 1935.

BRUNETTA, M. 1 vídeo (10 minuto e 37 segundos). Como Usar o Plickers | Parte 01 - Avaliação em Tempo Real com o Plickers, 26 Janeiro 2021. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=a\\_qHsIWQ\\_T0&list=PLQmaAYu5sVEwLxMqJe5qRbs-qGlrO4iGZ&index=1](https://www.youtube.com/watch?v=a_qHsIWQ_T0&list=PLQmaAYu5sVEwLxMqJe5qRbs-qGlrO4iGZ&index=1)>. Acesso em: 18 Fevereiro 2021.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da Educação em Ciências às orientações para o Ensino de Ciências: um repensar epistemológico. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, Setembro/Dezembro 2004. ISSN 1516-7313 (versão impressa), 1980-850X (versão online).

CAMPOS, M. C. D. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999. Ilustrações de Mário Pitta.

CAPES. Catálogo de Teses e Dissertações. **Catálogo de Teses e Dissertações**, 2016. Disponível em: <[https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/>](https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/). Acesso em: 11 Agosto 2019.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ADIB, M. L. V. S.; PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 3. ISBN 978-85-221-1062-9.

CARVALHO, A. M. P. D. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 146 p. ISBN 9788578612450.

CARVALHO, A. M. P. D. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Londrina, v. 18, n. 3, p. 765-794, Dezembro 2018. ISSN 1806-5104 (versão impressa); 1984-2686 (versão online). Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>>. Acesso em: 16 Abril 2021.

CHAVES JÚNIOR, J. E. D. R. Juiz: O Juiz e a Conectividade - os autos e o mundo virtual. **IBRAJUS - Instituto Brasileiro de Administração do Sistema Judiciário**, 2008. Disponível em: <<http://www.ibrajus.org.br/revista/artigo.asp?idArtigo=52>>. Acesso em: 10 Março 2020.

CLASSROOM TECNOLOGIA INTELIGENTE. 1 vídeo (22 minutos e 17 segundos). Plickers – Tutorial completo (2021) – Questões de múltipla escolha corrigidas em segundos - Aula 1, 28 Janeiro 2021. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=MaAzyqCyNnA&list=PL\\_7duYF91kVzr2zyu98AaUEuffaDDUiym&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=MaAzyqCyNnA&list=PL_7duYF91kVzr2zyu98AaUEuffaDDUiym&index=2)>. Acesso em: 18 Fevereiro 2021.

COPESE. COPESE - Edições Anteriores. **Comissão de Processos Seletivos do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais**, 2013. Disponível em: <<https://copese.ifsudestemg.edu.br/node/10843>>. Acesso em: 25 Setembro 2019. Atualizado em 29/08/2019.

COPESE. Cursos Técnicos - Processo Seletivo 2020-1. **Comissão de Processos Seletivos do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais**, 2019. Disponível em: <[https://copese.ifsudestemg.edu.br/sites/default/files/Conteudo\\_Programatico\\_Tecnicos\\_%20ATUALIZADO.pdf](https://copese.ifsudestemg.edu.br/sites/default/files/Conteudo_Programatico_Tecnicos_%20ATUALIZADO.pdf)>. Acesso em: 10 Novembro 2019.

CUNHA, G. Como Utilizar o Plickers: O Guia Completo para Aplicá-lo Com Sucesso Na Sala De Aula. **Aula Incrível**, 2017. Disponível em: <<http://aulaincrivel.com/guiaplickers/>>.

CURSO ENEM GRATUITO. Curso ENEM Gratuito. **Energia Potencial Elástica**, 2019. Disponível em: <<https://cursoenemgratuito.com.br/energia-potencial-elastica/>>. Acesso em: 19 Outubro 2019.

D'AGNOLUZZO, E. A. D. M. M. Critérios e instrumentos avaliativos – reflexo de uma aprendizagem significativa. **Secretaria da Educação e Esporte**, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/142-4.pdf>>. Acesso em: 20 Fevereiro 2020.

DANTAS, C. R. D. S. **Avaliação no ensino de ciências no nível fundamental**: investigando orientações oficiais e práticas docentes, fazendo "escuta" e pequenas intervenções em escolas. Porto Alegre: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172904/001059356.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 Abril 2021. 443 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física: Programa de Pós-Graduação em Ensino Física. Porto Alegre, 2017.

DELIZOICOV NETO, D. Ensino de Física e a concepção freireana da educação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 85 - 98, 1983. ISSN 1806-1117 (versão impressa); 1806-9126 (versão online). Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a19.pdf>>. Acesso em: 24 Janeiro 2020.

DELIZOICOV NETO, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002. ISBN 8524908580.

DUTRA, G.; MARTINS, M. I. A recuperação paralela no ensino de física: o que pensa o professor? **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 74, p. 135-164, Janeiro/Março 2012. ISSN 0104-4036.

EXERCICIOS WEB©. Exercícios de Física sobre Energia. **Exercícios Web©**, 2016. Disponível em: <<https://exerciciosweb.com.br/fisica/exercicios-de-fisica-sobre-energia/>>. Acesso em: 19 Outubro 2019.

FACHÍN-TERÁN, A. Fundamentos da Educação em Ciências. In: FACHÍN-TERÁN, A.; (ORGS), S. C. S. S. **Novas perspectivas de Ensino de Ciências em espaços não formais amazônicos**. Manaus: UEA Edições, 2013. p. 13-29. ISBN 978-85-7883-236-0.

FERNANDES, S. D. F. B. **Sintomas Mórpidos: A encruzilhada da esquerda brasileira**. 1. ed. São Paulo: Autonomia Literária, 2019. 380 p. ISBN 978-85-69536-49-9.

FERREIRA, C. S. D. C.; GALIETA, T. Revisão de literatura em periódicos nacionais: a produção sobre letramento científico, leitura e escrita. **Revista da SBEnBio**, Niterói, v. 7, p. 1241-1252, 2014. ISSN 1982-1867.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; MOREIRA, M. A.; FRANZ, G. B.; PORTUGAL, K. O.; NOGUEIRA, D. X. P. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, 2020. ISSN 1806-1117 (versão impressa); 1806-9126 (versão online). Acesso em: 06 Agosto 2020.

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman**. Tradução de Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008. ISBN 978-85-7780-321-7. Obra originalmente publicada sob o título "The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition, 2nd Edition" (ISBN 0-8053-9045-6).

FOLHA DE SÃO PAULO. Brasil é 57º do mundo em ranking de educação; veja evolução no Pisa desde 2000. **Folha de São Paulo**, 03 Dezembro 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2019/12/brasil-e-57o-do-mundo-em-ranking-de-educacao-veja-evolucao-no-pisa-desde-2000.shtml>>. Acesso em: 03 Setembro 2020. Matéria escrita por Estêvão Gamba, Diana Yukari e Fábio Takahashi.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, p. 34-41, Novembro 2008. ISSN 2175-2699 (versão online); 0104-8899 (versão impressa). Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em: 22 Janeiro 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FREIRE, P. **Conscientização: Teoria e prática da libertação – Uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. 3ª. ed. São Paulo: Cortez & Moraes, 1979.

FULLER, U.; JOHNSON, C. G.; AHONIEMI, T.; CUKIERMAN, D.; HERNÁN-LOSADA, I.; JACKOVA, J.; LAHTINEN, E.; LEWIS, T. L.; THOMPSON, D. M.; RIEDESEL, C.; THOMPSON, E. Developing a computer science-specific learning taxonomy. **ACM SIGCSE Bulletin**, 39, n. 4, 2007. 152-170. Acesso em: 9 Abril 2021.

G1. Brasil cai em ranking mundial de educação em matemática e ciências; e fica estagnado em leitura. **G1.com**, 03 Dezembro 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2019/12/03/brasil-cai-em-ranking-mundial-de-educacao-em-matematica-e-ciencias-e-fica-estagnado-em-leitura.ghtml>>. Acesso em: 03 Setembro 2020. Matéria escrita por Ana Carolina Moreno e Elida Oliveira.

GALHARDI, A. C.; AZEVEDO, M. M. D. Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom. **VIII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza**, São Paulo, 9 e 10 Outubro 2013. 237-247.

GEPEC. Taxonomia de Bloom. GEPEC – Grupo de Estudos em Práticas Experimentais em Ciências, Juiz de Fora, p. 1, 2018.

GOLDEMBERG, J. **Física: Geral e experimental**. 2ª. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v. 1, 1970.

GONÇALVES, D. **Física: do Científico e do vestibular - Dinâmica das Translações; Gravitação Universal; Máquinas Simples; Elasticidade; Mecânica dos Fluidos; Tensão Superficial; 1.125 questões de vestibulares (de todo o Brasil).** 4ª. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1967.

GONÇALVES, F. P. A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química. Florianópolis: [s.n.], 2009. Acesso em: 19 Janeiro 2020. 234 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

GRAF: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de Física: Graf Mecânica – para ler, fazer e pensar.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. I, 1998. Contato por: gref@if.usp.br.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, p. 198-202, Agosto 2009. ISSN 2175-2699 (versão online); 0104-8899 (versão impressa). Disponível em: <[http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf)>. Acesso em: 22 Janeiro 2020.

HADJI, C. **A avaliação, regras do jogo: Das intenções aos instrumentos.** Porto Alegre: Porto Editora, 1994. ISBN 972-0-34115-7.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica.** Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012. ISBN 978-85-216-1903-1. Tradução de: "Fundamentals of physics, 9th ed".

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-341-3. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Obra originalmente publicada sob o título "Conceptual Physics". ISBN: 9780321909107.

HOFFMANN, J. M. L. **Avaliação: mito e desafio – uma perspectiva construtivista.** 40ª. ed. Porto Alegre: Mediação, 2009. ISBN 978-85-87063-08-3.

HOHENFELD, D. P. **A natureza quântica da luz nos laboratórios didáticos convencionais e computacionais no Ensino Médio.** Salvador: UFBA, 2013. 146 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana. Instituto de Física: Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, BA-Brasil, 2013.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** 1ª. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009. 1986 p. ISBN 9788573029635.

IRODOV, I. E. **Fundamental laws of Mechanics.** Tradução de Yuri Atanov. 1ª. ed. Moscou: Mir Publishers, 1980. ISBN 81-239-0304-9. Esta edição foi publicada pela CBS Publishers & Distributors, em Nova Delhi, Índia, através de um acordo com a Mir Publishers de Moscou.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **Theory Into Practice**, Columbus, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002. ISSN 0040-5841. Acesso em: 9 Abril 2021.

- LABURÚ, C. E.; SILVA, D. D.; VIDOTTO, L. C. Avaliação tradicional e alternativa: um estudo comparativo. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 26, p. 27-42, 2005. ISSN 1679-0383. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/3795/3051>>. Acesso em: 18 Novembro 2019.
- LEWIN, A. M. F. D.; LOMÁSCOLO, T. M. D. La Metodologia Científica en la Construcción de Conocimiento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 147-154, 1998. ISSN 1806-1117 (versão impressa); 1806-9126 (versão online). Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v20\\_147.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v20_147.pdf)>. Acesso em: 22 Janeiro 2020.
- LIMA, K. E. C.; TEIXEIRA, F. M. A epistemologia e a história do conceito experimento/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre ensino das ciências. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VIII ENPEC / I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias - CIEC**. Campinas: VIII - ENPEC / I CIEC, 2011, 2011. Disponível em: <[http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/viiienpec/resumos/R0355-1.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0355-1.pdf)>. Acesso em: 29 Abril 2020.
- LINS, M. J. S. D. C. Educação bancária: uma questão filosófica de aprendizagem. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, Rio de Janeiro, 2011. ISSN 2238-1279.
- LOPES, L. F. **O uso de MC numa abordagem sociointeracionista no Ensino de Física**. Presidente Prudente: [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138527/000863772.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 Abril 2021. 63 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Presidente Prudente, 2015.
- LUCKESI, C. C. Avaliação Educaional Escolar: para além do autoritarismo. **Tecnologia Educacional**, Porto Alegre, v. 13, n. 61, p. 6-15, Novembro/Dezembro 1984. ISSN 0102-5503. Trabalho também apresentado no Fórum de Debates do XVI Seminário Brasileiro de Tecnologia Educacional, Porto Alegre, 1984.
- LUCKESI, C. C. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem? **Revista Pátio**, Porto Alegre, n. 12, p. 6-11, Fevereiro/Abril 2000. ISSN 1518-305X. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2511.pdf>>. Acesso em: 13 Fevereiro 2020. Ano 3.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: Estudos e proposições**. 17ª. ed. São Paulo: Cortez, 2005. ISBN 85-249-0550-6.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem: Componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2011. 448 p. ISBN 978-8524916571.
- LUCKESI, C. C. 1 vídeo (1 hora, 22 minutos e 51 segundos). Série Encontros: Avaliação da Aprendizagem, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NbHdgMGV1y0>>. Acesso em: 16 Abril 2021. Entrevistador: Paulo de Camargo. Câmeras: Regis Horta e Luiz Albuquerque. Iluminação: Fernando Taliba. Trilha sonora: Ivan Rocha Soares. Edição Luiz Albuquerque. Agradecimentos: Rio Othon Palace, Biblioteca PUC-SP e Universidade Federal da Bahia.

MACEDO, L. D. Para uma visão construtivista do erro no contexto escolar. In: MACEDO, L. D. **Ensaio construtivistas**. 5. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002. Cap. 8, p. 65-82. ISBN 85-85141-41-7.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, Junho 2002. ISSN 1806-1117 (versão impressa); 1806-9126 (versão online).

MORAES, D. A. F. **Avaliação formativa: re-significando a prova do cotidiano escolar**. Londrina: [s.n.], 2008. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2008.

MOREIRA, C. V. **Atividades Investigativas: Laboratório não estruturado na solução de problemas abertos de trabalho de energia**. Lavras: [s.n.], 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista (Meaningful Learning Review)**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, 2011. ISSN 2238-3905. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 19 Março 2020.

MOREIRA, M. A. Sobre um MP em Ensino de Física e suas ênfases. **Página do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Araranguá**, 2014. Disponível em: <<http://mnpf.ararangua.ufsc.br/2014/11/12/sobre-um-mp-em-ensino-de-fisica-e-suas-enfases/>>. Acesso em: 19 março 2019.

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - Livro I**. Tradução de Trieste Ricci; Leonardo Gregory Brunet; Sônia Terezinha Gehring; Maria Helena Curcio. 2ª. ed. São Paulo: Edusp, 2016. ISBN 978-85-314-0673-7.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Eletromagnetismo**. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 3, 1997. ISBN 85-212-0134-6.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 4ª edição revisada. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 2, 2002. ISBN 85-212-0299-7.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Mecânica**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 2002. ISBN 85-212-0298-9.

OLIVEIRA, C. M. A. D. **Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências**. São Paulo: [s.n.], 2009. Disponível em: <[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-06082010-161307/publico/CARLA\\_OLIVEIRA.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-06082010-161307/publico/CARLA_OLIVEIRA.pdf)>. Acesso em: 27 Janeiro 2020. 233 f. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, C. M. A. D.; CARVALHO, A. M. P. D. Escrevendo em aulas de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 3, p. 347-366, 2005. ISSN 1516-7313 (versão impressa); 1980-850X (versão online). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n3/01.pdf>>. Acesso em: 27 Janeiro 2020.

PAULA, H. D. F. E. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 75-103, Abril 2017. ISSN 1806-5104 (versão impressa); 1984-2686 (versão online). Disponível em:

<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4476/2964>>. Acesso em: 16 Abril 2021.

PEREIRA, E. Dadá Maravilha: o poeta que também foi artilheiro. **Tribuna PR**, 03 Fevereiro 2014. Disponível em: <<https://www.tribunapr.com.br/arquivo/lendas-vivas/dada-maravilha-o-poeta-que-tambem-foi-artilheiro/>>. Acesso em: 20 Novembro 2020.

PEREIRA, R. G. **Métodos para cálculo de áreas regulares e irregulares nos anos finais do ensino fundamental 2**. Juiz de Fora: [s.n.], 2020. 65 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, 2020.

PHET. PhET. **PhET - Interactive Simulations**. University of Colorado Boulder, 2002a. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)>. Acesso em: 5 Novembro 2019.

PHET. PhET. **Energy Skate Park: Basics**, 2002b. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics>>. Acesso em: 05 novembro 2019.

PLICKERS. **Plickers**, 2019. Disponível em: <<https://www.plickers.com/>>. Acesso em: 01 Outubro 2019.

PORTO, S. C. C.; AMANTES, A.; HOHENFELD, D. P. O que se Aprende sobre Pêndulo Simples em Atividades Investigativas nos Laboratórios Material e Computacional? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Londrina, v. 19, p. 825-858, Janeiro 2020. ISSN 1806-5104 (versão impressa); 1984-2686 (versão online).

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os fundamentos da Física**. 9<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Moderna, v. 1, 2007. ISBN 978-85-16-05655-1 (LA); 978-85-16-05656-8 (LP).

RIVARD, L. P.; STRAW, S. B. The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. **Science Education**, 84, n. 5, 2000. 566-593.

ROCHA, C. J. T. D.; MALHEIRO, J. M. D. S. Metacognição e a experimentação investigativa: a construção de categorias interativa dialógicas. **Revista Educação**, Santa Maria, 44, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/34409/pdf>>. Acesso em: 01 Outubro 2020.

RODRIGUEZ, A. F. G.; DELGADO, R. D. S.; LIMA, R. A. Etimologia jurídica. **jus.com.br**, 2016. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/46600/etimologia-juridica>>. Acesso em: 10 março 2020.

ROSA, C. T. W. **Metacognição no ensino de física: da concepção à aplicação**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. ISBN 978-85-7515-834-0.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. O que é alfabetização científica, afinal? **Anais do XVII Simpósio Nacional do Ensino de Física**, São Luís, 2007. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_oqueealfabetizacaocienti.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_oqueealfabetizacaocienti.trabalho.pdf)>. Acesso em: 10 agosto 2018.

RUSSELL, J. B. **Química geral**. Tradução de Márcia Guekezian *et al.* 2ª. ed. São Paulo: Makron Books, 1994. ISBN 8534601925. Coordenação de Maria Elizabeth.

SANTOS, G. Você sabe o que é o Gaokao e qual a sua semelhança com o Enem? **Educa Mais Brasil**, 12 abr. 2018. Disponível em:

<<https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/enem/voce-sabe-o-que-e-o-gaokao-e-qual-a-sua-semelhanca-com-o-enem>>. Acesso em: 11 Março 2019. Ascom Educa Mais Brasil.

SANTOS, W. L. P. D. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Brasília, v. 12, n. 36, p. 474-492, Setembro 2007. ISSN 1413-2478 (versão impressa); 1809-449X (versão online).

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782007000300007>>. Acesso em: 2018 Setembro 11.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>>. Acesso em: 20 Dezembro 2019.

SCARTAZZINI, L. S.; SILVA, J. T. V. D.; SILVA, J. T. V. D. Metodologias para determinar áreas em superfícies irregulares no ensino da geometria aplicando a proporcionalidade. **Acta Scientiae**, Canoas, 7, Julho/Dezembro 2005. 65-74.

SCHAUM, D. **Física: Resumo da teoria; 425 problemas resolvidos; 500 problemas propostos**. Tradução de Helio Drago Romano. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964. Coleção Schaum.

SCIENCE NEWS. 1 vídeo (51 segundos). David Scott does the feather hammer experiment on the moon | Science News. **Science News**, 15 Julho 2019. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=Oo8TaPVsn9Y>>. Acesso em: 29 Outubro 2019.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: Mecânica**. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. 12ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008. ISBN 978-85-88639-30-0.

SILVA, F. A.; SCARINCI, A. L. **Avaliações Internas e Avaliações Externas**. USP. São Paulo, p. 10. 2018.

SILVA, J. W. D. C.; BORGES, J. C. M.; SETUBAL, M.; MORAIS, R. C. L. V. Instrumentos de Avaliação no Brasil como Forma de Poder: o ENEM discutido de forma crítica. **Anais do XII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza**, São Paulo, 3-5 Outubro 2017. 828-835. Disponível em:

<<http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/192/97f811d6fc57e34a11c69057587fb5de.pdf>>. Acesso em: 18 Fevereiro 2020.

SILVA, R. P. **Conservação da Energia Mecânica: Uma Sequência Didática inspirada na ideia de UEPS**. São Carlos: [s.n.], 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal São Carlos, São Carlos, 2016.

SISTHERENN, C.; LUZ, E. W. D. Utilização de um método prático para determinar a área de superfícies irregulares. **Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC**, Lages, Agosto 2013.

STEWART, J. **Calculus**. 8ª. ed. Boston: Cengage Learning, 2016. ISBN 978-1-285-74062-1.

TAHA, M. S.; LOPES, C. S. C.; SOARES, E. L.; FOLMER, V. Experimentação como ferramenta pedagógica para o Ensino de Ciências. **Experiências em Ensino de Ciência**, v. 11, n. 1, p. 138 - 154, 2016. ISSN 1982-2413.

TALENTO INCLUIR. Qual o correto? PcD, PNE, Pessoa com necessidade especial? **Talento Incluir**. Disponível em: <<https://talentoincluir.com.br/candidatos/qual-o-correto-pcd-pne-pessoa-com-necessidade-especial/>>. Acesso em: 22 Janeiro 2020.

TEIXEIRA, A. S. **Educação para a democracia**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1936. 236 p.

TRÊS PONTOS. Dadá Maravilha: goleador, filósofo e campeão. **trespontos.blog.br**, 04 Março 2017. Disponível em: <[https://trespontos.blog.br/2017/03/04/dada\\_maravilha/](https://trespontos.blog.br/2017/03/04/dada_maravilha/)>. Acesso em: 20 Novembro 2020.

TREVISAN, A. L.; AMARAL, R. G. D. A Taxionomia revisada de Bloom aplicada à avaliação: um estudo de provas escritas de Matemática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 451-464, Abril 2016. ISSN 1516-7313 (versão impressa); 1980-850X (versão online). Acesso em: 9 Abril 2021.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. **Aulas práticas e a possibilidade de enculturação científica**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 71-92 p. ISBN 978-85-221-1093-3.

TURRA, C. M. G.; ENRICONE, D.; SANT'ANNA, F.; ANDRÉ, L. C. A avaliação do ensino - Aprendizagem. In: TURRA, C. M. G.; ENRICONE, D.; SANT'ANNA, F.; ANDRÉ, L. C. **Planejamento de ensino e avaliação**. 11<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1998. Cap. Capítulo VII, p. 174 - 230. ISBN 85-241-0143-1. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2008-1/Educacao-MII/Planejamento%20de%20ensino%20e%20avalia%E7%E3o.pdf>>. Acesso em: 16 Março 2020.

UOL. Dadá Maravilha: "Fiz 926 gols, mas fiquei mais famoso com as minhas frases". **UOL**, 24 Junho 2020. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/esporte/videos/2020/06/24/dada-maravilha-conta-por-que-resolveu-criar-suas-famosas-frases.htm>>. Acesso em: 24 Novembro 2020.

VEJA. Pisa 2018: o Brasil está na turma do fundão. De novo. **Veja**, 03 Dezembro 2019. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/educacao/pisa-2018-o-brasil-esta-na-turma-do-fundao-de-novo/>>. Acesso em: 03 Setembro 2020. Matéria escrita por Maria Clara Vieira.

VELOSO, R. M. G. **Não queiras saber de mim**. [S.l.]: [s.n.], 2005.

VIDAL, N. F.; MENEZES, P. H. D. Laboratório real x laboratório virtual: possibilidades e limitações destes recursos em uma atividade investigativa para o ensino de eletrodinâmica. **A Física na Escola**, -, 17, n. 2, 2019. 54-58. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol17-Num2/190801.pdf>>. Acesso em: 31 Julho 2020. Autor de correspondência: Natalia Ferreira Vidal, natalia.vidal@educacao.ufjf.br.

VIDOTTO, L. C.; LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. Uma comparação entre avaliação tradicional e alternativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 77 - 89, 2005. ISSN 1806-5104 (versão impressa); 1984-2686 (versão online). Disponível em: <<https://www2.unifap.br/rsmatos/files/2013/10/Vidotto1.pdf>>. Acesso em: 30 Janeiro 2020.

YOUTUBE. 1 vídeo (4 minutos e 51 segundos). bate estacas pre-moldadas de concreto. **Publicado pelo canal Reinaldo Bhughalu!**, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kCAn4ghpApw&t=219s>>. Acesso em: 15 Outubro 2019.

### APÊNDICE 1 – Dissertações do MNPEF

Abaixo mostramos as dissertações sobre energia que foram aprovadas pelo MNPEF.

Quadro 5 – Detalhamento dos produtos do MNPEF sobre energia que utilizamos.

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Instituição</b>	<b>Ano</b>	<b>Produto</b>	<b>Detalhamento do produto (número de aulas, turmas, etc)</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividade</b>
Célio Vicente Moreira	<b>Atividades Investigativas:</b> Laboratório não estruturado na solução de problemas abertos de trabalho de energia	UFLA – Universidade Federal de Lavras	2015	Sequência Didática	12 aulas para 4 turmas do 1º ano do Ensino Médio com média de 38 estudantes por sala.	Conhecimentos de máquinas simples. Cálculo matemático do trabalho. Relação de trabalho com energia cinética. Trabalho da força peso. Obtenção do trabalho da força peso como variação da energia potencial gravitacional.	Aula prática sobre energia cinética (página 39). Aula prática sobre energia potencial gravitacional (página 45).
Renato Peron da Silva	<b>Conservação da Energia Mecânica:</b> Uma sequência didática inspirada na ideia de UEPS	UFSCAR Universidade Federal de São Carlos	2016	Sequência Didática	10 horas aula para uma turma do 1º ano do Ensino Médio	Simulador PhE	Atividade baseada no uso do simulador “Energy Skate Park”, desenvolvido pelo PhET (páginas 50 e 51).

José Everton Pinheiro Monteiro	<b>A Energia Eólica:</b> Um contexto de aprendizagem em Física no Ensino Médio	UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Arido	2018	Sequência Didática	6 encontros de duas aulas cada um, para 27 estudantes do 3º ano do Ensino Médio.	Vídeos, textos de apoio, Leitura com comentários e questionamentos, experimentos com materiais alternativos, radiômetro, quadro negro, Software livre Gerador no site do PhET.	
Edmar Luiz da Silva	Estudo dos gases, do ponto de vista cinático, com o auxílio de um simulador mecânico	UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso	2018	Modelo mecânico de um Simulador Mecânico de Movimento Vibracional	23 aulas para as turmas de Técnico de Desenho em Construção Civil integrada ao Ensino Médio, com de 21 estudantes; e com uma turma de Técnico em Edificações, também integrada ao ensino médio, e com 28 estudantes.	Simulador Mecânico de Movimento Vibracional (SMMV) que simula o movimento de moléculas de um gás.	
Fábio Mendes Bayão	Experimento didático para aprendizagem da conservação da Energia Mecânica	UFF – Universidade Federal Fluminense (Campus Volta Redonda)	2017	Artefato e rampa para o lançamento de uma esfera	8 encontros de duas aulas de 50 minutos com 3 turmas do 2º ano do Ensino Médio, envolvendo 39 estudantes.	Trabalho, Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional, Energia Potencial Elásticas, Energia Mecânica.	

Eduardo Botelho Cabral	<b>Gerador de alta tensão Regulável (GATR):</b> uma poposta para o ensino de eletrostática	UFPE – Universidad Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agrste (CAA).	2018	Gerador de alta tensão Regulável (GATR).	Cinco aulas de 50 minutos para o 9º ano do Ensino Fundamental e 12 aulas de 50 minutos para o Ensino Médio com 28 estudantes.	Para o 9º ano do Ensino Fundamental a avaliação foi realizada por relatos e participação dos estudantes. Para 3º ano do Ensino Médio foi realizado um questionário avaliativo, além dos relatos e participação.	
Maria da Penha de Laia	Modelagem teórica e experimental da dinâmica de corpos rígidos em superfícies com atrito aplicada ao ensino conceitual de energia e suas transformações	UnB – Universidade de Brasília	2015	Aparato experimental, manual do aparato, e uma Sequência Didática.	32 estudantes do 1º ano do Ensino Médio.	Energia e suas transformações. Aparato experimental e um manual de aplicação no qual consta uma sequência de aprendizagem sugerida para abordagem dos conteúdos pedagógicos envolvendo energia e suas transformações.	
Cláudia Fraga Germano	O ensino da conservação de energia mecânica medida pelo uso de metodologias ativas de aprendizagem	UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul	2018	Sequência didática	17 horas-aula para 27 estudantes do 1º ano do Ensino Médio.	Energia Mecânica e sua Conservação	

Israel Maxson Ribeiro de Souza	Proposta de Ensino Investigativo usando a indução eletromagnética e piezoeletricidade aplicados aos sensores de guitarras e violões	UFPA – Universidade Federal do Pará	2018	Sequência didática	40 estudantes do 3º ano do Ensino Médio através de 3 aulas geminadas de 45 minutos e uma 4ª aula regular de 45 minutos.	Sequência de atividades experimentais investigativas e o convite a resolver um problema físico motivado por essa sequência de demonstrações e orientações teórico-práticas para conduzir os estudantes ao resultado desejado.	
Wagner Augusto Teixeira da Silva	Simetrias e leis da conservação: Uma proposta para o Ensino Médio.	UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora	2018	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).	12 aulas envolvendo 35 estudantes do Ensino Médio integrado ao Técnico.	Trabalho de uma força, energia mecânica e a sua conservação. Construção de uma discussão epistemológica sobre o papel que as simetrias podem desempenhar na Física, seu papel frente às medidas experimentais, principalmente. Discussão de qual o papel de uma medida experimental e como ela está inserida no contexto de discussão sobre as simetrias. Discussão de como o conceito de simetria se estende para outras áreas do conhecimento.	

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE 2 – Produto Educacional

Dentro desta seção apresentamos o produto educacional desenvolvido.

### INTRODUÇÃO

Caro(a) professor(a),

Neste material apresentamos a Sequência Didática (SD) como produto educacional que desenvolvemos a fim de investigar a aprendizagem do conteúdo de **trabalho de uma força e conservação da energia mecânica** em um processo de **avaliação formativa**. As atividades foram propostas para discentes do 9º ano do Ensino Fundamental. Todavia, entendemos que ela pode ser reutilizada com ou sem adaptações em outros espaços educacionais. Esta SD vislumbrou a dimensão conceitual dos fenômenos físicos envolvidos, bem como a sua necessária contextualização. Também compreendemos como pertinente a possibilidade de diversificação nas questões mantendo-se a proposta básica da SD.

Os objetivos específicos de nossa SD foram:

- Implementar uma SD sobre os conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica;
- Identificar as dificuldades, insuficiências e potencialidades na aprendizagem dos conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica;
- “Selecionar alternativas corretivas (terapêuticas) de ensino-aprendizagem. Alternativas terapêuticas são procedimentos variados de ensino que se destinam a sanar de modo específico a insuficiência constatada” (TURRA *et al.*, 1998, p. 184-185) de ensino para os conceitos físicos de trabalho, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica e conservação da energia mecânica.

Para esta SD, utilizamos aparatos experimentais materiais adaptados de produtos de dissertações já defendidas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), juntamente com um experimento virtual. Para identificação das dificuldades e/ou insuficiências na aprendizagem, utilizamos o aplicativo *Plickers*, na perspectiva da avaliação formativa, com questões oriundas de diferentes materiais didáticos.

## 1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Entendemos por sequência didática como sendo uma maneira ordenada de se proceder em uma aula, que pode também ser entendida como uma maneira concatenada em etapas a serem seguidas.

Cada unidade de ensino está organizada para uma duração de 90 minutos, pois cada aula que tínhamos era geminada.

A lista dos materiais utilizados para os experimentos é mostrada no capítulo 4 desta SD.

Importante dizermos também que o objetivo dos experimentos realizados nesta SD não foi encontrar uma relação de proporcionalidade no sentido matemático, mas de perceber a relação entre as grandezas envolvidas. Ou seja, não estávamos procurando estabelecer uma prova matemática para as equações que permitem calcular as energias envolvidas nos experimentos, mas sim criar condições para que os estudantes entendessem a origem fenomenológica destas equações.

Adiante apresentaremos a SD das aulas ministradas separadas por aula.

### 1.1 AULA 01

A primeira aula foi dividida em sete etapas, que descrevemos a seguir.

**1º momento:** explicar aos estudantes que as aulas seguirão uma dinâmica diferente através da realização de experimentos com questionamentos sobre os fenômenos observados e investigação das respostas através do aplicativo *Plickers* seguida de discussão da questão após a correção.

**2º momento:** explicação para os estudantes do funcionamento do aplicativo *Plickers*.

**3º momento:** explicação do experimento do bate-estaca – se necessário, efetuar uma demonstração.

**4º momento:** os estudantes realizam os experimentos e as coletas de dados. Caso haja interesse do professor, disponibilizamos a tabela abaixo como exemplo a ser proposto para a coleta.

Tabela 10 – Tabela proposta para coleta de dados do experimento

	Esfera 1	Esfera 2
$H(cm)$		
$h(cm)$		

Fonte: Elaboração própria.

Nela, indicamos por  $H(cm)$  como sendo o deslocamento entre a esfera e o bate-estaca;  $h(cm)$  se refere à profundidade que a estaca afundou. Esfera 1 e Esfera 2 são os corpos de massas diferentes utilizados no bate-estaca. Ressaltamos que o professor pode fazer adaptações para seu contexto, inclusive ampliar a quantidade de medidas para um mesmo deslocamento de um corpo.

**5º momento:** dialogar com os estudantes as hipóteses do fora observado com os experimentos.

Nesta etapa, alguns questionamentos podem ser feitos pelo professor para a turma. Abaixo exemplificamos alguns.

- Quanto mais pesada a esfera, mais fundo a estaca afunda?
- Se abandonarmos a esfera pesada e a leve de alturas diferentes, a estaca pode afundar a mesma quantidade?
- Se a esfera pesada tiver o dobro do peso da esfera leve, qual deve ser a altura que iremos colocar cada uma para a estaca afunda a mesma quantidade? Etc.

**6º momento:** avaliação formativa através do *Plickers*: mostrar a pergunta e através do aplicativo observar as respostas marcadas. A partir disso deverá ser feita a correção e adotar as alternativas terapêuticas de ensino. Este procedimento do 6º momento se repete após cada pergunta feita.

Indicamos ao professor uma atenção especial referente à quantidade de questões utilizadas nesse momento para não se perder no tempo da aula.

**7º momento:** formalizar cientificamente o conteúdo visto: trabalho de uma força, energia potencial gravitacional e energia cinética.

Este momento pode ser feito através de uma aula expositiva dialogada e anotando no quadro as observações e conclusões chegadas.

## 1.2 AULA 02

A segunda aula foi dividida em sete etapas, que descrevemos a seguir.

**1º momento:** Breve revisão do conteúdo discutido na aula anterior estruturando um resumo no quadro através de uma aula expositiva dialogada. Este momento pode ser importante especialmente para aqueles alunos que perderam a aula anterior. Todavia não deve ser muito longo.

**2º momento:** avaliação formativa através do *Plickers*: visitar o tema da aula anterior através de questões utilizando o *Plickers*. Após cada pergunta o professor deverá discutir a correção dos itens sob a perspectiva da avaliação formativa efetuando as medidas terapêuticas. Este procedimento do 2º momento se repete após cada pergunta feita.

Para este momento também ressaltamos a importância do cuidado do professor referente à quantidade de questões utilizadas para não se perder no tempo da aula.

**3º momento:** explicação do procedimento do experimento do “Trem de Hooke” – se necessário, efetuar uma demonstração.

**4º momento:** os estudantes realizam os experimentos e as coletas de dados.

Caso haja interesse do professor, disponibilizamos a Tabela 11 no item 5 (Tabela da energia potencial elástica) deste apêndice como exemplo a ser proposto para a coleta.

**5º momento:** dialogar com os estudantes as hipóteses do que fora observado através dos experimentos.

Nesta etapa, alguns questionamentos podem ser feitos pelo professor para a turma. Abaixo exemplificamos alguns.

- A rigidez do elástico interfere no lançamento da madeira?
- É possível a madeira ser lançada por uma mesma distância com elásticos diferentes? O que tem que ser feito para isso? Etc.

**6º momento:** avaliação formativa através do *Plickers*: mostrar a pergunta e através do aplicativo observar as respostas marcadas. A partir disso deverá ser feita a correção e as medidas terapêuticas. Este procedimento do 6º momento se repete após cada pergunta feita.

Reforçamos novamente o cuidado do professor referente à quantidade de questões utilizadas para não se perder no tempo da aula.

**7º momento:** formalizar cientificamente o conteúdo visto: energia potencial elástica.

Este momento pode ser feito através de uma aula expositiva dialogada e anotando no quadro as observações e conclusões chegadas

### 1.3 AULA 03

**1º momento:** Breve revisão do conteúdo discutido na aula anterior estruturando um resumo no quadro através de uma aula expositiva dialogada. Este momento pode ser importante especialmente para aqueles alunos que perderam a aula anterior. Todavia não deve ser muito longo.

Revisitar os conteúdos já vistos através de uma aula expositiva dialogada anotando o resumo das observações no quadro, especialmente por conta dos alunos que perderam a aula anterior.

**2º momento:** avaliação formativa através do *Plickers*: revisar o tema da aula anterior através de questões utilizando o *Plickers*. Após cada pergunta o professor deverá discutir a correção dos itens sob a perspectiva da avaliação formativa efetuando as medidas terapêuticas. Este procedimento do 2º momento se repete após cada pergunta feita.

Para este momento também ressaltamos a importância do cuidado do professor referente à quantidade de questões utilizadas para não se perder no tempo da aula.

**3º momento:** realização do experimento virtual através da simulação *Energy Skate Park*, do PhET.

O endereço eletrônico para a simulação é que utilizamos é: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics>.

A simulação também pode ser acessada pelo Código de Resposta Rápida (Código QR ou, no inglês *QR Code*) mostrado na Figura 49abaixo.

Figura 49 – Código QR da simulação.



Fonte: *PhET* (2002b)

**4º momento:** dialogar com os estudantes as hipóteses do que fora observado com os experimentos.

Nesta etapa, alguns questionamentos podem ser feitos pelo professor para a turma. Abaixo exemplificamos alguns.

- O que acontece com a velocidade do skatista se ele começar de um ponto mais alto?
- Qual a altura que o skatista atingirá do outro lado da pista? Etc.

**5º momento:** avaliação formativa através do *Plickers*: mostrar a pergunta e através do aplicativo observar as respostas marcadas. A partir disso deverá ser feita a correção e as medidas terapêuticas. Este procedimento do 5º momento se repete após cada pergunta feita.

Retomamos a atenção do professor referente à quantidade de questões utilizadas para não se perder no tempo da aula.

**6º momento:** formalizar cientificamente o conteúdo visto: conservação da energia mecânica.

Este momento pode ser feito através de uma aula expositiva dialogada e anotando no quadro as observações e conclusões chegadas.

#### 1.4 AULA 04

**1º momento:** Aula expositiva dialogada revisitando os conteúdos discutidos nas aulas anteriores através de um resumo por meio de *slides*.

**2º momento:** fazer alguns exercícios do concurso do IF como exemplo para os estudantes, com uma atenção especial àqueles numéricos.

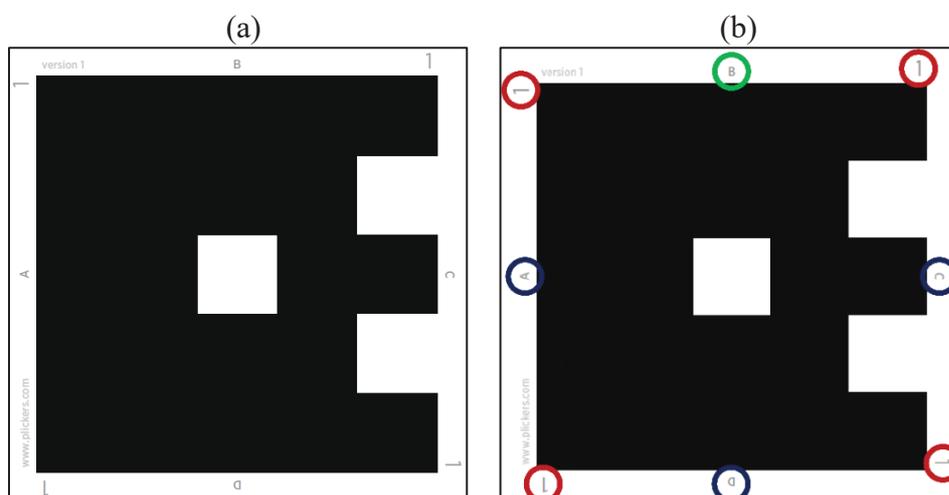
**3º momento:** avaliação formativa sobre as questões do concurso do IF por meio do *Plickers*: o professor expõe outras questões do concurso do IF através do aplicativo e os estudantes as desenvolvem, respondendo suas alternativas; em seguida, o professor utiliza o aplicativo para corrigir e discutir os itens sob a perspectiva da avaliação formativa. Este procedimento do 3º momento se repete a cada pergunta feita.

## 2. PLICKERS

Em uma única frase, o *Plickers*<sup>40</sup> pode ser entendido como uma ferramenta digital de avaliação. Sua operacionalidade se dá através de questões objetivas, que permite ao professor obter informações sobre a possível aprendizagem dos estudantes de modo imediato. O emprego desta ferramenta é realizado por meio de um computador, um *kit* multimídia<sup>41</sup>, cartões de respostas e um dispositivo móvel, que pode ser o próprio celular do professor.

Sua utilização é simples. Em primeiro lugar, o professor distribui um cartão individual para cada educando que os permitirá exibir suas respostas. O cartão é exemplificado na figura a seguir:

Figura 50 – Exemplo de um cartão do *Plickers*. (a) Cartão de resposta do primeiro estudante da lista. (b) Destaque das informações contidas no cartão.



Fonte: *Plickers* (2019)

Este cartão possui um código que especifica qual estudante está respondendo e qual a alternativa que escolheu. Após a distribuição dos cartões entre os estudantes, o professor exibe a pergunta para a turma através do *kit* multimídia. Cada estudante escolhe a opção que julga correta para responder à pergunta e posiciona o cartão.

Na Figura 30 (b) temos as informações destacadas no cartão. Os círculos vermelhos representam o número associado ao estudante figurado na lista montada previamente pelo professor. Os demais círculos – azuis e verde – representam as alternativas de respostas possíveis a uma determinada questão. A opção que estiver posicionada na parte superior central do cartão corresponde à escolha do estudante; no caso da Figura 30, seria a alternativa B.

<sup>40</sup> Vide endereço de acesso ao sítio eletrônico nas referências.

<sup>41</sup> Este *kit* poderá ser uma TV em sala, um Datashow, ou algum outro aparato que tenha comportamento semelhante para expor as questões para todos os estudantes.

Em seguida, após os educandos escolherem sua alternativa, o professor faz a leitura das respostas com auxílio do celular. No aparelho, simultaneamente com a passagem de sua câmera, aparecerá indicando os estudantes que marcaram a resposta correta e os que marcaram as demais alternativas. Feito isso, o aplicativo gera e salva automaticamente o percentual de acerto individual e coletivo dos estudantes, exibe gráficos e dados. Isso permite ao educador observar em tempo real indicadores do entendimento do que está sendo ensinado.

Figura 51 – Professora utilizando o aplicativo *Plickers*.



Fonte: Cunha (2017)

Embora, o *Plickers* possua muitos recursos, talvez o de maior destaque seja gerar e apresentar os dados estatísticos das respostas individuais e coletivo. Isso permite ao professor uma gama de atitudes a partir da análise desses dados, como por exemplo, dar uma atenção especial focando na dificuldade de um determinado estudante ou grupo e assim montar uma atividade para eles; e várias outras medidas que podem ser tomadas de acordo com o interesse do professor baseado no perfil da turma e aprendizagem dos estudantes, sua programação curricular. Contudo, devemos salientar que o aplicativo não é uma panaceia para aplicações de questões objetivas ou mesmo para a avaliação formativa. Ele é uma ferramenta que tem grande utilidade, mas como todo recurso, apresenta suas limitações.

Uma das barreiras impostas pelo aplicativo, que o professor deve ficar bem atento, é o espaço restrito de apenas 250 caracteres para a redação das perguntas e 200 para redação de cada alternativa da resposta. Embora essa seja uma limitação, pode ser contornada inserindo a questão como imagem: a pergunta seria escrita em um editor de texto, o professor faria um “*print screen*” e colocaria a questão como imagem no aplicativo. Procedendo dessa maneira, não é aconselhável deixar o cabeçalho da questão em branco e inserir apenas a imagem, pois, em caso de haver necessidade de localizar essa questão, será possível rastreá-la por parte do enunciado.

Outra barreira que encontramos é a ausência de um auxílio para criação de tabelas e de recursos matemáticos para inserção de fórmulas, símbolos etc. Contudo, apesar da carência do recurso da inserção desses e de outros caracteres especiais, a caixa de texto permite que eles sejam colados. Para contornar essa situação, outra maneira de proceder, inclusive de uma forma mais prática é montar uma lista contendo as questões que se deseja trabalhar e distribuí-lo para os estudantes. Feito isso, seriam inseridas no enunciado do *Plickers* apenas o número de identificação da questão e sua página correspondente, o que é suficiente no espaço proposto.

No mais, não estamos colocando essas ponderações para invalidar o uso do aplicativo. Pelo contrário, estamos fazendo algumas ressalvas para que aquele professor que decidir utilizá-lo, tenha consciência das limitações do aplicativo e, dessa maneira, fazer o melhor uso possível.

Manuais e tutoriais ensinando o cadastro do professor, de questões, de turmas e inserção dos nomes dos estudantes em versões recentes do programa podem ser encontrados com facilidade na internet – inclusive no *YouTube*. Dentre outros materiais disponíveis, deixamos como exemplo o canal Brunetta (2021), *Classroom* Tecnologia Inteligente (2021), Wilton Filho (2019) e a página eletrônica de Cunha (2017) – informações de acesso são encontradas nas referências.

### 3. PLANOS DE AULA

A seguir, apresentamos os planos das aulas conforme foram ministradas<sup>42</sup>.

#### 3.1 AULA 01

Quadro 6 – Plano de aula do primeiro encontro.

MNPEF – Polo 24	Semestre:
<b>Professor:</b> Felipe Gonçalves Pereira	
<b>1. Tema:</b> Energia	
<b>2. Data:</b>	<b>3. Turma:</b>
<b>4. Objetivos:</b> Identificar as grandezas físicas associadas ao conceito de trabalho de uma força. Identificar a relação entre a variação da energia potencial do corpo com a variação da sua posição	
<b>5. Conteúdo:</b> Trabalho de uma força; Energia potencial gravitacional; Energia cinética.	
<b>6. Atividades de ensino e metodologia</b> As atividades são descritas nos momentos abaixo: <b>1º momento:</b> explicar aos estudantes que as aulas seguirão uma dinâmica diferente através da realização de experimentos com questionamentos sobre os fenômenos observados e investigação das respostas através do aplicativo <i>Plickers</i> seguida de discussão da questão após a correção. <b>2º momento:</b> explicação para os estudantes do funcionamento do aplicativo <i>Plickers</i> . <b>3º momento:</b> explicação do experimento do bate-estaca – se necessário, efetuar uma demonstração. <b>4º momento:</b> os estudantes realizam os experimentos e as coletas de dados.	

<sup>42</sup> Para mais referências, aprofundamento do tema e consultas, sugerimos a consulta de no corpo da dissertação.

**5º momento:** dialogar com os estudantes as hipóteses do fora observado com os experimentos.

**6º momento:** avaliação formativa através do *Plickers* sobre o tema estudado.

**7º momento:** formalizar cientificamente o conteúdo visto: trabalho de uma força, energia potencial gravitacional e energia cinética.

## 7. Avaliação

A avaliação formativa será realizada através das respostas e discussões nas correções das perguntas feitas no 6º momento.

## 8. Recursos

Quadro branco e pincel;  
celular;  
notebook;  
televisão ou aparelho *datashow*;  
materiais de baixo custo (mostrados na seção 4).

## 9. Atividades extraclasse

Sugestão: exercícios da apostila do curso sobre o tema estudado.

## 10. Referências bibliográficas para os estudantes

Além da apostila oferecida pelo curso aos estudantes, sugerimos como complementação os seguintes materiais:

BBC. 1 vídeo (4 minutos e 41 segundos). Brian Cox visits the world's biggest vacuum | Human Universe - BBC. **Publicado pelo canal BBC**, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>>. Acesso em: 22 Outubro 2019.

GRAF: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de Física:** GRAF Mecânica – para ler, fazer e pensar. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. I, 1998. Contato por: [gref@if.usp.br](mailto:gref@if.usp.br).

SCIENCE NEWS. 1 vídeo (51 segundos). David Scott does the feather hammer experiment on the moon | Science News. **Science News**, 15 Julho 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Oo8TaPVsn9Y>>. Acesso em: 29 Outubro 2019.

## 11. Referências bibliográfica para o professor

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman**. Tradução de Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008. ISBN 978-85-7780-321-7. Obra originalmente publicada sob o título "The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition, 2nd Edition" (ISBN 0-8053-9045-6).

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física:** Mecânica. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012. ISBN 978-85-216-1903-1. Tradução de: "Fundamentals of physics, 9th ed".

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-341-3. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Obra originalmente publicada sob o título "Conceptual Physics". ISBN: 9780321909107.

MOREIRA, C. V. **Atividades Investigativas**: Laboratório não estruturado na solução de problemas abertos de trabalho de energia. Lavras: [s.n.], 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Mecânica**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 2002. ISBN 85-212-0298-9.

TURRA, C. M. G. et al. A avaliação do ensino - Aprendizagem. In: TURRA, C. M. G., et al. **Planejamento de ensino e avaliação**. 11ª. ed. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1998. Cap. Capítulo VII, p. 174 - 230. ISBN 85-241-0143-1. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2008-1/Educacao-MII/Planejamento%20de%20ensino%20e%20avalia%E7%E3o.pdf>>. Acesso em: 16 Março 2020

Fonte: Elaboração própria.

## 3.2 AULA 02

Quadro 7 – Plano de aula do segundo encontro.

<b>MNPEF – Polo 24</b>	<b>Semestre:</b>
<b>Professor:</b> Felipe Gonçalves Pereira	
<b>1. Tema:</b> Energia potencial elástica.	
<b>2. Data:</b>	<b>3. Turma:</b>
<b>4. Objetivos:</b> Identificar as grandezas físicas associadas a energia potencial elástica. Identificar a relação entre a variação a deformação do elástico e a distância percorrida pelo pedaço de madeira no trilho.	
<b>5. Conteúdo:</b> Energia potencial elástica.	
<b>6. Atividades de ensino e metodologia</b> As atividades são descritas nos momentos abaixo: <b>1º momento:</b> Breve revisão do conteúdo discutido na aula anterior estruturando um resumo no quadro através de uma aula expositiva dialogada. <b>2º momento:</b> avaliação formativa através do <i>Plickers</i> revisitando o tema da aula anterior <b>3º momento:</b> explicação do procedimento do experimento do Trem de Hooke – se necessário, efetuar uma demonstração. <b>4º momento:</b> os estudantes realizam os experimentos e as coletas de dados. <b>5º momento:</b> dialogar com os estudantes as hipóteses do que fora observado através dos experimentos. <b>6º momento:</b> avaliação formativa através do <i>Plickers</i> acerca do tema da presente aula <b>7º momento:</b> formalizar cientificamente o conteúdo visto: energia potencial elástica.	

### 7. Avaliação

A avaliação formativa será realizada através das respostas e discussões nas correções das perguntas feitas no 2º e 6º momento.

### 8. Recursos

Quadro branco e pincel;  
Celular;  
Notebook;  
Televisão ou aparelho *datashow*.  
Materiais de baixo custo (vide item 0).

### 9. Atividades extraclasse

Sugestão: exercícios da apostila do curso sobre o tema estudado.

### 10. Referências bibliográficas para os estudantes

Além da apostila oferecida pelo curso aos estudantes, sugerimos como complementação os seguintes materiais:

GRAF: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de Física:** GRAF Mecânica – para ler, fazer e pensar. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. I, 1998. Contato por: [gref@if.usp.br](mailto:gref@if.usp.br).

### 11. Referências bibliográficas para o professor

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman**. Tradução de Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008. ISBN 978-85-7780-321-7. Obra originalmente publicada sob o título "The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition, 2nd Edition" (ISBN 0-8053-9045-6).

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-341-3. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Obra originalmente publicada sob o título "Conceptual Physics". ISBN: 9780321909107.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Mecânica**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 2002. ISBN 85-212-0298-9.

MOREIRA, C. V. **Atividades Investigativas: Laboratório não estruturado na solução de problemas abertos de trabalho de energia**. Lavras: [s.n.], 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

Fonte: Elaboração própria.

## 3.3 AULA 03

Quadro 8 – Plano de aula do terceiro encontro.

<b>MNPEF – Polo 24</b>	<b>Semestre:</b>
<b>Professor:</b> Felipe Gonçalves Pereira	
<b>1. Tema:</b> Energia	
<b>2. Data:</b>	<b>3. Turma:</b>
<p><b>4. Objetivos:</b></p> <p>Identificar os processos de transformação de energia (cinética em potencial e vice-versa).</p> <p>Concluir que não há criação e nem destruição de energia, que ela apenas se transforma, chegando, então, no princípio da conservação da energia mecânica.</p> <p>Discutir a dissipação de energia mecânica por meio da energia térmica.</p>	
<p><b>5. Conteúdo:</b></p> <p>Processos de transformação de energia; Energia mecânica e sua conservação.</p>	
<p><b>6. Atividades de ensino e metodologia</b></p> <p>As atividades são descritas nos momentos abaixo:</p> <p><b>1º momento:</b> Breve revisão do conteúdo discutido na aula anterior estruturando um resumo no quadro através de uma aula expositiva dialogada.</p> <p><b>2º momento:</b> avaliação formativa através do <i>Plickers</i> revisitando o tema da aula anterior.</p> <p><b>3º momento:</b> realização do experimento virtual através da simulação <i>Energy Skate Park</i>, do <i>PhET</i> (para o caminho de acesso: vide referências e SD).</p> <p><b>4º momento:</b> dialogar com os estudantes as hipóteses do que fora observado com os experimentos.</p> <p><b>5º momento:</b> avaliação formativa através do <i>Plickers</i> sobre o tema da aula.</p> <p><b>6º momento:</b> formalizar cientificamente o conteúdo visto: conservação da energia mecânica.</p>	
<p><b>7. Avaliação</b></p> <p>A avaliação formativa será realizada através das respostas e discussões nas correções das perguntas feitas no 2º e 4º momento.</p>	

**8. Recursos**

Quadro branco e pincel;  
 Celular;  
 Notebook;  
 Televisão ou aparelho *datashow*.

**9. Atividades extraclasse**

Sugestão: exercícios da apostila do curso sobre o tema estudado.

**10. Referências bibliográficas para os estudantes**

Além da apostila oferecida pelo curso aos estudantes, sugerimos como complementação os seguintes materiais:

GRAF: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de Física:** GRAF Mecânica – para ler, fazer e pensar. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. I, 1998. Contato por: [gref@if.usp.br](mailto:gref@if.usp.br).

**11. Referências bibliográficas para o professor**

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman**. Tradução de Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008. ISBN 978-85-7780-321-7. Obra originalmente publicada sob o título "The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition, 2nd Edition" (ISBN 0-8053-9045-6).

GOLDEMBERG, J. **Física:** Geral e experimental. 2ª. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v. 1, 1970.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-341-3. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Obra originalmente publicada sob o título "Conceptual Physics". ISBN: 9780321909107.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica:** Mecânica. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 2002. ISBN 85-212-0298-9.

PHET. PhET. **PhET - Interactive Simulations**. University of Colorado Boulder, 2002a. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)>. Acesso em: 5 Novembro 2019.

PHET. PhET. **Energy Skate Park: Basics**, 2002b. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics>>. Acesso em: 05 novembro 2019.

SILVA, R. P. **Conservação da Energia Mecânica:** Uma Sequência Didática inspirada na ideia de UEPS. São Carlos: [s.n.], 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal São Carlos, São Carlos, 2016.

VIDAL, N. F.; MENEZES, P. H. D. Laboratório real x laboratório virtual: possibilidades e limitações destes recursos em uma atividade investigativa para o ensino de eletrodinâmica. **A Física na Escola**, –, 17, n. 2, 2019. 54-58. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol17-Num2/190801.pdf>>. Acesso em: 31 Julho 2020. Autor de correspondência: Natalia Ferreira Vidal, [natalia.vidal@educacao.ufjf.br](mailto:natalia.vidal@educacao.ufjf.br)

## 3.4 AULA 04

Quadro 9 – Plano de aula do quarto encontro.

<b>MNPEF – Polo 24</b>	<b>Semestre:</b>
<b>Professor:</b> Felipe Gonçalves Pereira	
<b>1. Tema:</b> Exercícios	
<b>2. Data:</b>	<b>3. Turma:</b>
<b>4. Objetivos:</b> Revisar todo o conteúdo visto nas aulas anteriores. Realizar exercícios para os estudantes. Avaliar exercícios feitos pelos estudantes.	
<b>5. Conteúdo:</b> Exercícios sobre trabalho de uma força, energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial elástica, processos de transformação de energia, energia mecânica e sua conservação.	
<b>6. Atividades de ensino e metodologia</b> As atividades são descritas nos momentos abaixo: <b>1º momento:</b> Aula expositiva dialogada. <b>2º momento:</b> fazer alguns exercícios do concurso do IF como exemplo. <b>3º momento:</b> avaliação formativa sobre as questões do concurso do IF por meio do <i>Plickers</i> .	
<b>7. Avaliação</b> A avaliação formativa será realizada através das respostas e discussões nas correções das perguntas feitas no 3º momento.	
<b>8. Recursos</b> Quadro branco e pincel; Celular; Notebook; Televisão ou aparelho <i>datashow</i> .	
<b>9. Atividades extraclasse</b> Sugestão: exercícios da apostila do curso e questões do concurso do IF, ambos sobre o tema estudado.	

### 10. Referências bibliográficas para os estudantes

Além da apostila oferecida pelo curso aos estudantes, sugerimos como complementação os seguintes materiais:

GRAF: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de Física: GRAF Mecânica** – para ler, fazer e pensar. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. I, 1998. Contato por: gref@if.usp.br.

SCHAUM, D. **Física: Resumo da teoria; 425 problemas resolvidos; 500 problemas propostos.** Tradução de Helio Drago Romano. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964. Coleção Schaum.

### 11. Referências bibliográficas para o professor

COPESE. COPESE - Edições Anteriores. **Comissão de Processos Seletivos do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais**, 2013. Disponível em:

<<https://copese.ifsudestemg.edu.br/node/10843>>. Acesso em: 25 Setembro 2019.

Atualizado em 29/08/2019.

GONÇALVES, D. **Física: do Científico e do vestibular - Dinâmica das Translações; Gravitação Universal; Máquinas Simples; Elasticidade; Mecânica dos Fluidos; Tensão Superficial; 1.125 questões de vestibulares (de todo o Brasil).** 4ª. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1967.

Fonte: Elaboração própria.

## 4. EXPERIMENTOS

Abaixo apresentamos os materiais utilizados que entendemos ser classificados como de baixo custo, no quais são citados no plano de aula. Além da listagem, colocamos as instruções de montagem.

### 4.1 AULA 01 – BATE-ESTACAS

Para o primeiro experimento alcunhado de bate-estacas, precisaremos dos seguintes materiais:

- Caneta ou Lápis;
- Lápis;
- Funil;
- Fita-crepe;
- Durex colorido;
- Pote de maionese ou similar;
- Areia;
- Corpos de diferentes massas para serem lançados – utilizamos esferas de rolamento que conseguimos por doação em uma oficina mecânica;
- Fita métrica ou trena; e
- Régua.

### 4.2 PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM DO BATE-ESTACA

Dentro de um pote de maionese ou algum recipiente similar, coloque areia até a boca, conforme mostrado na Figura 52 abaixo. Isso servirá de base para o bate-estaca.

Figura 52 – Pote de maionese com areia.

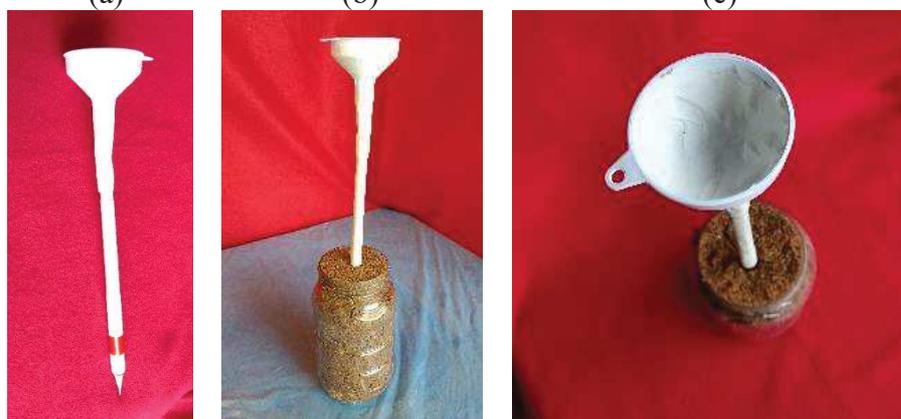


Fonte: Arquivo pessoal.

### 1. Lápis, fita crepe, durex e funil.

O lápis é envolto de fita crepe de modo a fixar o funil na extremidade oposta à ponta pontiaguda e próximo à esta parte do lápis, fazer uma marcação com um durex colorido – Figura 53 (a). É aconselhável que funil seja vedado internamente com a própria fita – Figura 53 (b). Feito isso, o lápis deverá ser introduzido na base até todo o durex ficar coberto – Figura 53 (c). Esta marcação serve como indicação de referência para a profundidade da estaca na areia. Dessa forma, a marcação do durex deverá ficar o mais rento possível ao nível da areia.

Figura 53 Estaca. (a) Vista lateral. (b) Estaca firmada na areia. (c) Vista superior.



Fonte: Arquivo pessoal.

Sugerimos que todo o corpo do lápis seja envolto pela fita crepe.

### 2. Pesos

Para o bate-estacas precisaremos de corpos de massa diferentes serem lançados para dentro do funil. Utilizamos as esferas de rolamento (Figura 54), mas poderiam ser bolinhas de gude, bolinhas de pebolim e sinuca etc. Ressaltamos que é interessante que haja pelo menos dois desses corpos e que suas massas não sejam iguais.

Figura 54 – Esferas de rolamento.



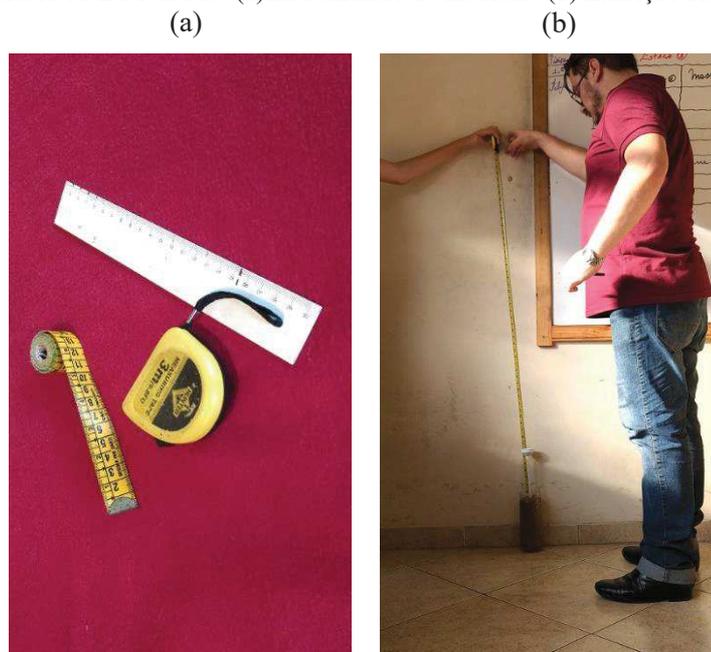
Fonte: Arquivo pessoal.

### 3. Instrumentos de medidas

Após a estaca ser fixada na base, a esfera deverá ser abandonada de modo que caia dentro do funil. Com o auxílio de uma fita métrica ou uma trena, dever-se-á marcar o

deslocamento sofrido pelo corpo. Com um auxílio de uma caneta ou lápis, faça uma marcação rente ao nível da areia na fita crepe que está envolta ao lápis. Com o auxílio de uma régua, meça a distância entre a marcação do durex colorido que estava na borda entre o lado de dentro e de fora e a marcação feita pela caneta. Para se medir a altura de onde o corpo é abandonado, pode ser utilizado uma fita métrica ou uma trena.

Figura 55 – Aparatos do Bate-estaca. (a) Instrumentos de medidas. (b) Exibição feita pelo professor.



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3 AULA 02 – O TREM DE HOOKE

Para o experimento chamado de O trem de Hooke, precisaremos dos seguintes materiais:

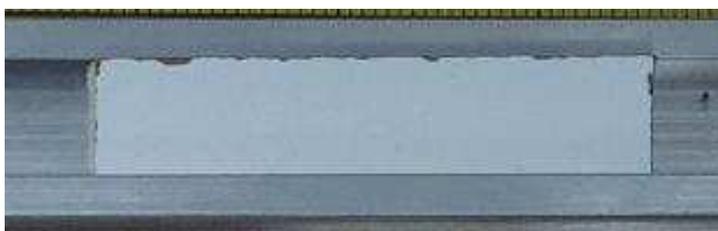
- 1 trilho de cortina;
- Um pedaço de madeira que caiba no vão do trilho;
- Diversos tipos diferentes de elástico;
- Régua, fita métrica ou trena para as medidas.

#### 4.4 PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM DO TREM DE HOOKE

O pedaço de madeira é o objeto que é utilizado para ser lançado através da deformação provocada pelo elástico. Assim, um pedaço de madeira deve ser cortado de modo a caber no

trilho. Não pode ser muito largo, pois irá agarrar com facilidade; também não pode ser muito fino, pois ficará ricocheteando dentro do trilho. A Figura 56 abaixo mostra como a madeira deve ser posicionada no trilho

Figura 56 – Peça de madeira.



Fonte: Arquivo pessoal.

### 1. Diversos elásticos

É interessante que o professor disponha de vários elásticos diferentes. Caso ele não tenha facilidade em encontrar diversos modelos, ele pode trabalhar com apenas um e fazer associações entre eles. Na Figura 57 abaixo mostramos vários modelos e uma possível associação.

Figura 57 – Elásticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Utilizamos diversos tipos de elásticos para podemos comparar o comportamento de diferentes constantes elásticas.

## 2. Trilho de cortina

O trilho de cortina servirá como guia por onde o pedaço de madeira será lançado.

Figura 58 – Trilho de cortina.



Fonte: Arquivo pessoal.

## 3. Instrumentos de medidas

Para conseguirmos medir a deformação do elástico, podemos utilizar uma régua ou fita métrica Figura 59. Para medirmos a distância que o pedaço de madeira é lançado, utilizamos a trena ou fita métrica também – Figura 59 (b).

Figura 59 Medidas da deformação. (a) Instrumentos de medidas. (b) Instrumentos de medidas sendo utilizados no trilho com o pedaço de madeira.

(a)



(b)



Fonte: Arquivo pessoal.

## 5. TABELA DA ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Abaixo propomos uma tabela para que sejam anotadas várias deformações da mola –  $x(cm)$  – e os respectivos alcances do pedaço de madeira. Em seguida, a tabela menor apresentaria a média das medidas. Há quatro modelos de tabelas como sugestão para quatro modelos de elásticos.

Tabela 11 – Tabela proposta para o experimento de energia potencial elástica.

$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>x(cm)</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Delta S(cm)</math></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										$x(cm)$		$\Delta S(cm)$	
$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													
$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>x(cm)</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Delta S(cm)</math></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										$x(cm)$		$\Delta S(cm)$	
$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													
$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>x(cm)</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Delta S(cm)</math></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										$x(cm)$		$\Delta S(cm)$	
$x(cm)$													
$\Delta S(cm)$													

Fonte: Elaboração própria.

## 6. QUESTÕES DESENVOLVIDAS

Abaixo apresentamos as que trabalhamos com os estudantes em nossa SD.

**Questão 1:** Sobre a queda de uma fruta da copa de uma árvore, podemos afirmar que:

- a) A energia potencial gravitacional da fruta aumenta e a cinética diminui.
- b) A energia cinética da fruta aumenta e a potencial gravitacional diminui.
- c) A energia potencial gravitacional da fruta aumenta junto com sua energia cinética.
- d) A energia potencial gravitacional da fruta diminui junto com sua energia cinética.

**Questão 2:** Em Física, trabalho é uma grandeza que está relacionada

- a) Força e velocidade;
- b) Massa e velocidade;
- c) Força e distância percorrida em linha reta;
- d) Força e aceleração.

**Questão 3:** Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter sua velocidade constante. Pode-se, então, afirmar que a sua:

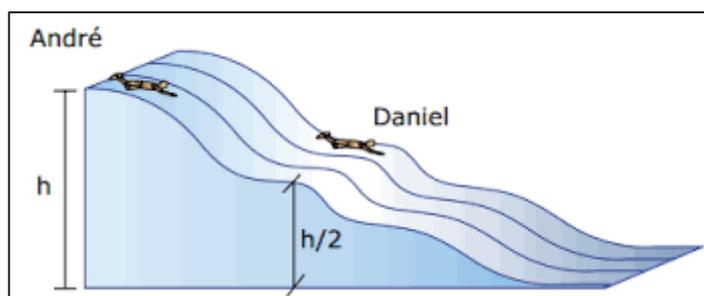
- a) Energia cinética está aumentando.
- b) Energia cinética está diminuindo.
- c) Energia potencial gravitacional está aumentando.
- d) Energia potencial gravitacional está diminuindo

**Questão 4:** Um ciclista desce uma rua, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter sua velocidade constante. Pode-se, então, afirmar que a sua:

- a) Energia potencial gravitacional está aumentando.
- b) Energia potencial gravitacional é a mesma enquanto ele desce a rua.
- c) Energia cinética está diminuindo.
- d) Energia cinética é a mesma enquanto ele desce a rua.

**Questão 5:** Daniel e André possuem o mesmo peso e estão parados em um tobogã, nas posições mostradas na figura. Podemos afirmar que:

Figura 60 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador.



Fonte: Exercícios Web© (2016).

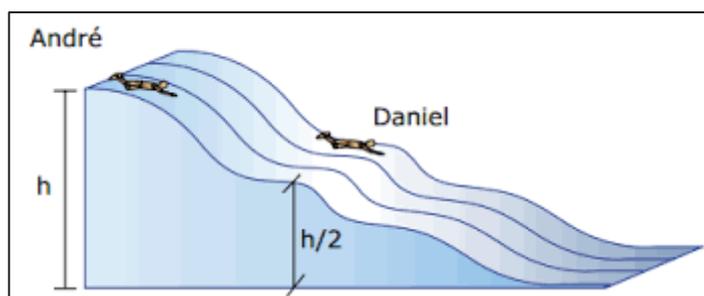
- A energia potencial gravitacional dos dois são iguais.
- A energia potencial gravitacional de Daniel é o dobro da energia potencial gravitacional de André.
- A energia potencial gravitacional de André é o dobro da energia potencial gravitacional de Daniel.
- A energia potencial gravitacional dos dois é igual a zero.

**Questão 6:** Daniel e André estão parados em numa mesma altura de um tobogã. Mas Daniel tem o dobro do peso de André. Podemos afirmar que:

- Como ambos estão na mesma altura, a energia potencial gravitacional dos dois são iguais.
- A energia potencial gravitacional de Daniel é o dobro da energia potencial gravitacional de André.
- A energia potencial gravitacional de André é o dobro da energia potencial gravitacional de Daniel.
- Como Daniel é mais pesado que André, ele chegará na base do tobogã com uma velocidade maior.

**Questão 7:** Daniel e André estão parados em um tobogã nas posições mostradas na figura. Daniel tem o dobro do peso de André. Podemos afirmar que:

Figura 61 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador.



Fonte: Exercícios Web© (2016).

- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais, mas suas velocidades diferentes.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas e velocidades são iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são diferentes e suas velocidades iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas e velocidades são diferentes.

**Questão 8:** Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter sua velocidade constante. Pode-se, então, afirmar que a sua:

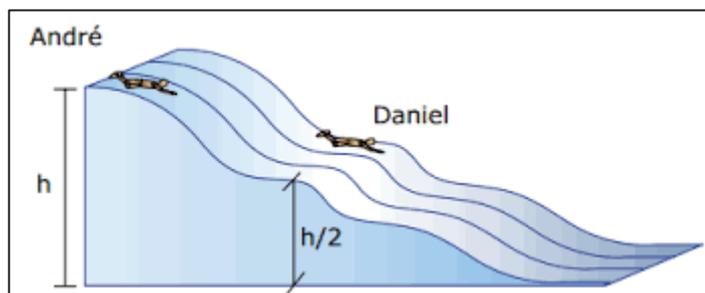
- Energia cinética está aumentando.
- Energia cinética está diminuindo.
- Energia potencial gravitacional está aumentando.
- Energia potencial gravitacional está diminuindo

**Questão 9:** Um ciclista desce uma rua, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter sua velocidade constante. Pode-se, então, afirmar que a sua:

- Energia potencial gravitacional está aumentando.
- Energia potencial gravitacional é a mesma enquanto ele desce a rua.
- Energia cinética está diminuindo.
- Energia cinética é a mesma enquanto ele desce a rua.

**Questão 10:** Daniel e André possuem o mesmo peso e estão parados em um tobogã, nas posições mostradas na figura. Podemos afirmar que:

Figura 62 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador.



Fonte: Exercícios Web© (2016).

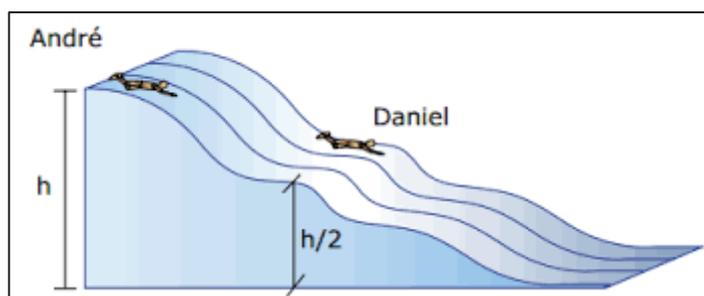
- A energia potencial gravitacional dos dois são iguais.
- A energia potencial gravitacional de Daniel é o dobro da energia potencial gravitacional de André.
- A energia potencial gravitacional de André é o dobro da energia potencial gravitacional de Daniel.
- A energia potencial gravitacional dos dois é igual a zero.

**Questão 11:** Daniel e André estão parados em numa mesma altura de um tobogã. Mas Daniel tem o dobro do peso de André. Podemos afirmar que:

- Como ambos estão na mesma altura, a energia potencial gravitacional dos dois são iguais.
- A energia potencial gravitacional de Daniel é o dobro da energia potencial gravitacional de André.
- A energia potencial gravitacional de André é o dobro da energia potencial gravitacional de Daniel.
- Como Daniel é mais pesado que André, ele chegará na base do tobogã com uma velocidade maior.

**Questão 12:** Daniel e André estão parados em um tobogã nas posições mostradas na figura. Daniel tem o dobro do peso de André. Podemos afirmar que:

Figura 63 – Ilustração dos dois irmãos no escorregador.



Fonte: Exercícios Web© (2016).

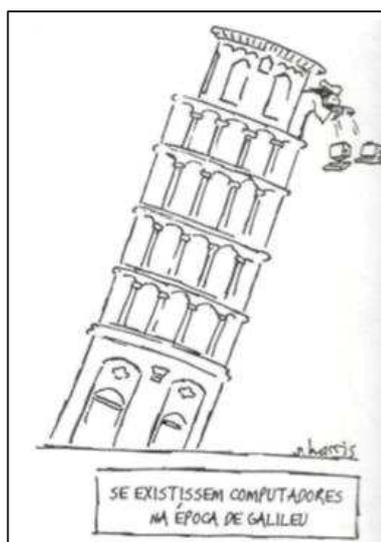
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais, mas suas velocidades diferentes.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas e velocidades são iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são diferentes e suas velocidades iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas e velocidades são diferentes.

**Questão 13:** Daniel e André estão parados na mesma altura de um tobogã em relação ao chão. Mas Daniel tem o dobro do peso de André. Em um certo instante, os dois começam a escorregar pelo tobogã. Desprezando os atritos, podemos afirmar que:

- Quando chegarem à base do tobogã, Suas energias cinéticas e velocidades são diferentes.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais e os valores de suas velocidades são iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são diferentes e os valores de suas velocidades são iguais.
- Quando chegarem à base do tobogã, suas energias cinéticas são iguais e os valores de suas velocidades são diferentes.

**Questão 14:** A charge a seguir, do artista americano Sidney Harris, ilustra uma experiência atribuída à Galileu Galilei (1564-1642) na Torre de Pisa, na Itália, na qual ele abandona do alto da torre dois corpos de massas distintas. Apesar de não haver nenhum registro histórico sobre essa experiência e de, provavelmente, não ter acontecido, ela se tornou muito conhecida para descrever o caráter experimental do italiano. Sobre a experiência, desconsiderando a resistência do ar, é CORRETO afirmar que:

Figura 64 – Ilustração do artista americano Sidney Harris de objetos sendo lançados do alto da Torre de Pisa



Fonte: Harris (2007 *apud* COPESE, 2013).

- se houvesse realizado a experiência, Galileu observaria que os corpos chegariam ao chão juntos, mas com velocidades diferentes.
- ela demonstraria que corpos de massas diferentes, quando abandonados de uma mesma altura, atingem, simultaneamente, o chão, com as mesmas velocidades.
- ela demonstraria que os corpos em queda possuem acelerações proporcionais a suas massas.
- ela demonstraria que o corpo de maior massa chegaria ao chão primeiro e com maior velocidade do que o corpo de menor massa.

**Questão 15:** Se o experimento de Galileu fosse realizado com um martelo e uma pena na Lua, onde a aceleração da gravidade é aproximadamente 6 vezes menor que na Terra, podemos dizer que:

- A pena e o martelo atingem o solo com a mesma velocidade, portanto, com energia cinéticas iguais ao atingir o solo.

- b) A pena e o martelo atingem o solo com a mesma velocidade, mas a energia cinética do martelo é maior ao atingir o solo.
- c) O martelo cai primeiro no solo com uma velocidade maior, portanto a energia cinética do martelo seria maior ao atingir o solo.
- d) A pena cai primeiro no solo por ser mais leve e ter menos resistência ao seu movimento. Assim, a energia cinética da pena é maior ao atingir o solo.

**Questão 16:** Se o trabalho de uma força resultante sobre um corpo for positivo, podemos dizer que:

- a) Sua energia cinética permanece constante.
- b) Sua velocidade diminui.
- c) Sua energia cinética aumenta.
- d) Sua aceleração diminui.

**Questão 17:** Um objeto de 6kg é levado para a Lua. Seu peso na Lua é igual a um sexto do seu peso na Terra. Podemos dizer que:

- a) A massa do objeto na Lua e na Terra é a mesma. A aceleração da gravidade na Terra é 6 vezes menor que a aceleração da gravidade na Lua.
- b) A massa desse objeto na Lua é 1kg. A aceleração da gravidade da Terra é 6 vezes menor que a aceleração da gravidade na Lua.
- c) A massa desse objeto na Lua é 6kg. A aceleração da gravidade da Terra é 6 vezes maior que a aceleração da gravidade na Lua.
- d) A massa desse objeto na Lua é 6kg. A aceleração da gravidade da Terra é 6 vezes menor que a aceleração da gravidade na Lua.

**Questão 18:** Um objeto de 6kg é levado para a Lua. Seu peso na Lua é igual a um sexto do seu peso na Terra. Considere este objeto movendo-se com velocidade  $V$  na Terra e movendo-se com a mesma velocidade  $V$  na Lua. Podemos dizer que:

- a) A energia cinética do objeto na Lua e na Terra terão o mesmo valor.
- b) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia cinética é seis vezes menor do que se estivesse na Terra.
- c) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia cinética é seis vezes maior do que se estivesse na Terra.

- d) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia cinética é trinta e seis vezes maior do que se estivesse na Terra.

**Questão 19:** Um objeto de 6kg é levado para a Lua. Seu peso na Lua é igual a um sexto do seu peso na Terra. Suponha que este objeto esteja a 10 metros do solo terrestre e depois tenha sido colocado a 10 metros do solo lunar. Podemos dizer que:

- a) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia potencial gravitacional é exatamente a mesma se estivesse na Terra.
- b) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia potencial gravitacional é seis vezes menor do que se estivesse na Terra.
- c) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia potencial gravitacional é seis vezes maior do que se estivesse na Terra.
- d) Se o objeto se estiver na Lua, sua energia potencial gravitacional é trinta e seis vezes maior do que se estivesse na Terra.

**Questão 20:** O peso de um objeto na Lua é igual a um sexto do seu peso na Terra. Considere que este objeto tenha sido abandonado do repouso a 10 metros do solo terrestre e a 10 metros do solo lunar. Podemos dizer que:

- a) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade igual à que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a mesma.
- b) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade menor do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a menor.
- c) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade maior do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a maior.
- d) O objeto atinge a superfície da Lua com uma velocidade maior do que atinge a superfície da Terra, e sua energia cinética na Lua é a menor.

**Questão 21:** Se você deformar (esticar ou comprimir) uma mola na direção horizontal, ela fará uma força sobre a sua mão, de modo a retornar ao seu comprimento inicial. Podemos afirmar que:

- a) Quanto maior for a deformação, maior será a força potencial elástica da mola.
- b) Quanto maior for a deformação, maior será a energia potencial elástica da mola.
- c) Quanto menor for a deformação, maior será a energia potencial gravitacional da mola.

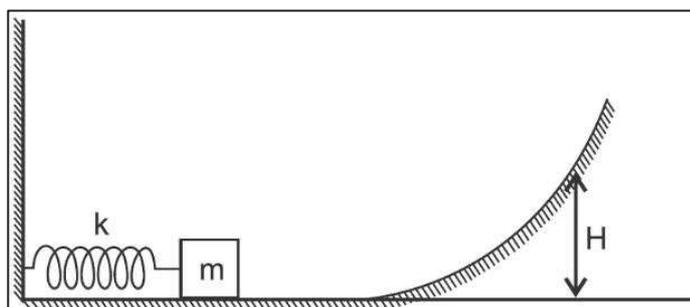
- d) Quanto menor for a deformação, menor será a energia cinética acumulada na mola.

**Questão 22:** Se uma pessoa efetuar um disparo verticalmente para cima com um estilingue, podemos afirmar que:

- Mesmo se a borracha for trocada, o corpo subirá sempre a mesma altura.
- Se a borracha for trocada por uma mais firme e esticada da mesma forma, a pedra subirá a uma altura menor.
- Se a borracha for trocada por uma mais macia e esticada da mesma forma, a pedra subirá a uma altura maior.
- Para fazer o objeto atingir uma altura maior, a pessoa pode trocar o elástico por um mais rígido, ou esticá-lo mais.

**Questão 23:** Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

Figura 65 – Sistema massa-mola.

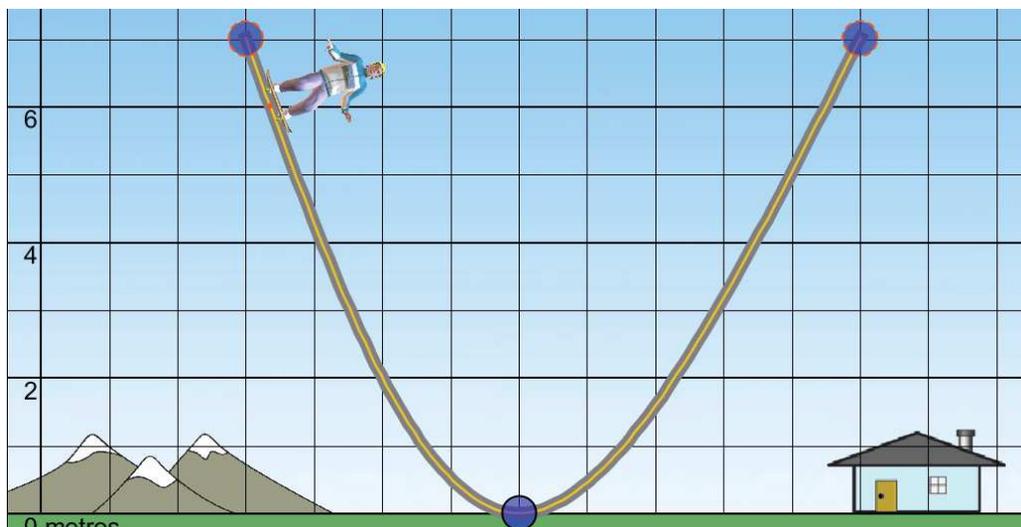


Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- Quanto mais dura for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá energia potencial gravitacional e energia cinética.
- Quanto mais dura for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá apenas energia potencial gravitacional.
- Quanto mais macia for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá apenas energia potencial gravitacional.
- Quanto mais macia for a mola, mais alta será a altura que o corpo subirá a rampa. Nesse momento, ele possuirá energia potencial gravitacional e energia cinética.

**Questão 24:** Um atleta praticante de skate na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória conforme mostra a figura. Os 6 metros correspondem ao local de onde o atleta começa sua exibição.

Figura 66 – Skatista na pista.



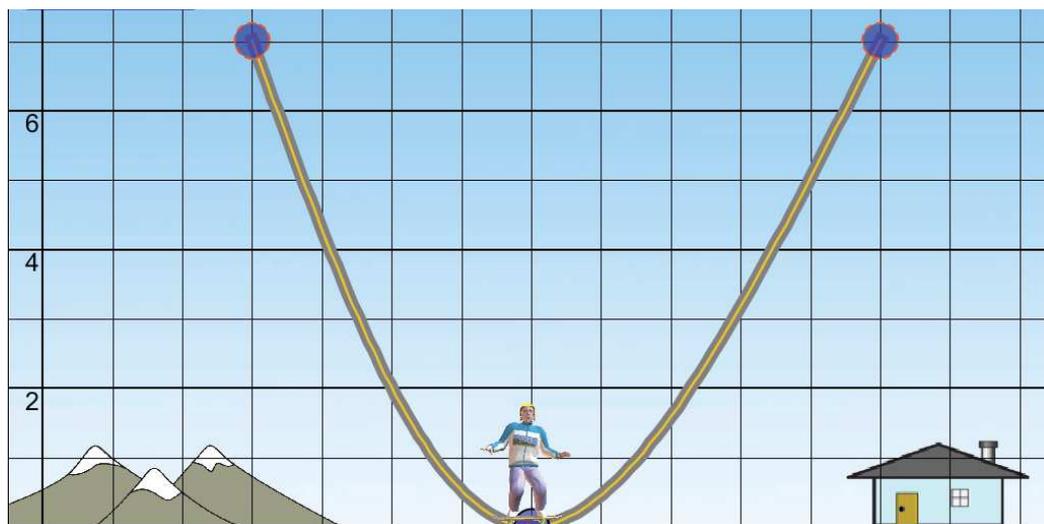
Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

Desprezando a ação de forças dissipativas é CORRETO afirmar que:

- a) a energia mecânica não é conservada.
- b) a energia cinética e a energia potencial gravitacional são iguais quando o skatista atinge os 6 metros do solo no lado direito.
- c) a energia cinética do no vale da pista é igual à energia potencial gravitacional do quando o skatista começa o movimento.
- d) a energia potencial gravitacional é máxima quando o atleta atinge o vale da pista.

**Questão 25:** Um atleta praticante de skate na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória conforme mostra a figura. Os 6 metros correspondem ao local de onde o atleta começa sua exibição. Quando ele atinge o vale, podemos dizer que:

Figura 67 – Skatista no vale da pista.

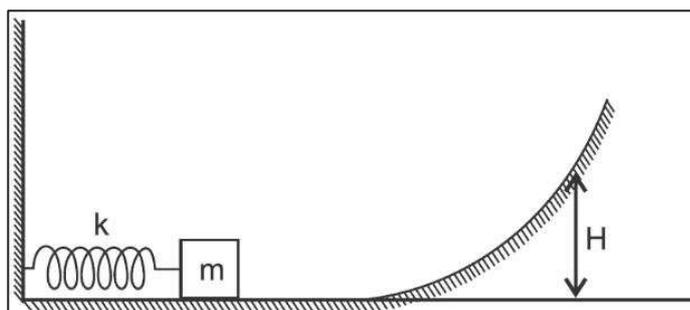


Fonte: Imagem extraída do simulador *PhET*.

- A energia potencial gravitacional é destruída.
- O skatista gera energia cinética quando atinge a altura máxima.
- A energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética.
- A energia mecânica do skatista é maior, pois a sua velocidade é mais alta.

**Questão 26:** Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

Figura 68 – Sistema massa-mola.

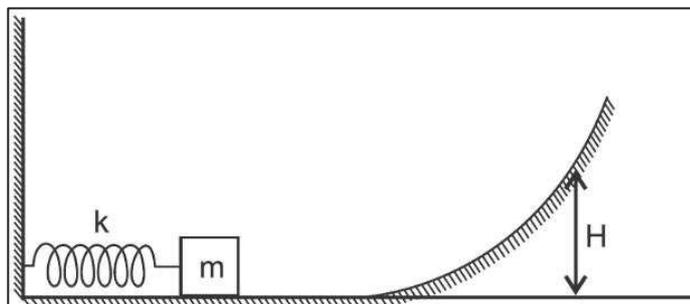


Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- A energia cinética quando o corpo abandona a mola é igual à energia potencial elástica quando o corpo atinge a altura  $H$ .
- A energia potencial gravitacional é máxima quando o corpo atinge a altura  $H$ .
- A energia cinética da mola é máxima quando a mola está completamente comprimida.
- A energia potencial gravitacional é mínima na altura  $H$ .

**Questão 27:** Se comprimirmos uma mola com um corpo e soltá-lo, como mostra a figura, podemos afirmar que:

Figura 69 – Sistema massa-mola.



Fonte: Curso ENEM Gratuito (2019).

- a) Após soltar a mola, a energia potencial da mola é convertida em energia cinética; em seguida, quando o corpo começa a subir, a energia cinética é convertida em energia potencial gravitacional.
- b) Após atingir a altura máxima indicada na figura, o corpo irá voltar e comprimir a mola mais do que ela estava comprimida.
- c) Após atingir a altura máxima indicada na figura, o corpo irá voltar e comprimir a mola menos do que ela estava comprimida.
- d) Após atingir a altura máxima, o corpo não retorna para a mola.

## 7. EXERCÍCIOS DO IF

A seguir, colocamos as questões retiradas dos exames de seleção do Instituto Federal do Sudeste Mineiro. Essas questões correspondem ao levantamento feito no próprio portal da COPESE, que durante a elaboração do trabalho foi possível conseguirmos acesso às provas de 2013 a 2019.

As questões a seguir sofreram algumas edições:

- i. Eliminamos uma alternativa para que os itens pudessem ser utilizados no *Plickers*;
- ii. Mudamos algumas opções para que elas pudessem estar coerentes com a proposta de distratores;

No item 8 desta seção (Questões comentadas do IF), adequamos as alternativas propostas dentro de quadros. Assim o fizemos para que ao lado de cada opção pudessemos discutir as possíveis justificativas delas como resposta. Além disso, lá destacamos a resposta correta. A intenção de não trazermos aqui essa discussão é facilitar o uso deste material para o professor.

**Questão IF 1 (2013):** Em uma pista circular de raio  $R$ , localizada em um plano horizontal, um carrinho de brinquedo de massa  $m$  inicia um movimento a partir de uma velocidade inicial  $v_0$  e com aceleração constante, fazendo o módulo do vetor velocidade aumentar gradualmente. Após dar um número inteiro de voltas completas, o carrinho atinge uma velocidade que é 5 vezes maior que a inicial. CALCULE qual a quantidade de energia, em joules, necessária para realizar esse efeito e marque a opção CORRETA.

- a)  $12mv_0^2$
- b)  $13mv_0^2$
- c)  $10\pi mv_0^2$
- d)  $24mv_0^2/R$

**Questão IF 2 (2013):** Lança-se uma esfera de massa  $M$  verticalmente para cima, a partir do solo da Lua. Sabe-se que, na Lua, não existe atmosfera. Pode-se, então, afirmar CORRETAMENTE que essa esfera:

- a) atinge uma altura máxima onde permanece parada, pois, na Lua, não existe gravidade.

b) atinge uma altura máxima onde ela para, porque sua aceleração é nula nesse ponto.

c) não mais retornará à Lua, já que ela é lançada no vácuo.

d) retorna ao solo com velocidade de mesmo valor com que foi lançada.

---

**Questão IF 3 (2013/02):** Três estudantes discutem sobre um filme de ficção científica que viram recentemente. No filme, dois tripulantes de mesma massa de uma nave espacial precisam saltar de uma determinada altura da superfície terrestre. Para o salto, em queda livre, eles utilizam trajes especiais idênticos, entretanto, um dos astronautas adicionou ao seu traje uma carga de chumbo, argumentando que sua queda seria mais rápida que a do outro sem a carga adicional. Na condição de haver SOMENTE a força gravitacional atuando sobre os dois astronautas, no momento da queda de uma mesma altura em relação à superfície terrestre, os três estudantes lançaram hipótese sobre qual deveria ser o desfecho da situação de acordo com os princípios da Física:

I – Aluno A: Os dois astronautas têm um movimento retilíneo acelerado, em direção ao centro da Terra. Em razão das diferenças entre as massas, cada corpo deve chegar à superfície em intervalos de tempos distintos. O mais “pesado” chega antes que o mais “leve”.

II – Aluno B: Os dois astronautas têm um movimento uniforme em direção ao centro da Terra, porém os dois chegam ao mesmo tempo.

III – Aluno C: Como a aceleração gravitacional não depende da massa dos astronautas, eles levam o mesmo intervalo de tempo para chegar à superfície terrestre, independentemente, da diferença de massa entre eles.

Marque, dentre as alternativas abaixo, a que expressa a(s) hipótese(s) CORRETA(S).

a) A hipótese I é a única correta.

b) A hipótese II é a única correta.

c) A hipótese III é a única correta.

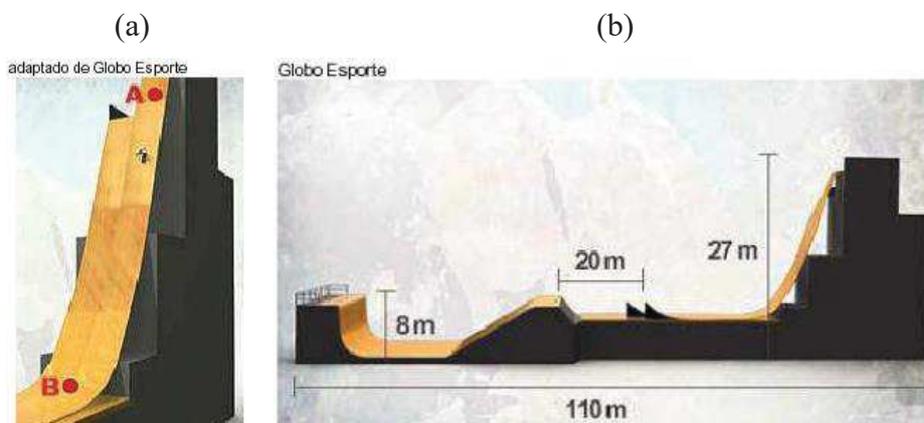
d) As hipóteses I e III são as únicas corretas.

---

**Questão IF 4 (2013/02):** Os esportes radicais sempre trazem questões muito interessantes sobre a Física. Alguns dos cálculos aproximados realizados a partir de princípios físicos auxiliam os esportistas a executarem as manobras com mais segurança. É o caso da Megarampa de *skate*. O *skatista* deve partir do repouso, no ponto A, a 27 metros de altura em relação ao ponto B da rampa inicial, como mostra a Figura 70(a). Com isso, deve atingir uma

velocidade mínima necessária para realizar o salto sobre um vão de  $20\text{ metros}$  de comprimento indicada na Figura 70(b).

Figura 70 (a): O skatista desce a rampa do ponto A. (b): O vão de 20 metros que o skatista precisa saltar para chegar à área de manobras



Fonte: Exame de seleção IF Sudeste MG – 2º semestre de 2012.

Desprezando qualquer atrito aerodinâmico ou outro atrito qualquer, marque a alternativa que expressa CORRETAMENTE o valor mais próximo da velocidade do skatista no ponto B da trajetória, calculada a partir dos dados fornecidos. A aceleração da gravidade local é de  $9,8\text{ m/s}^2$ .

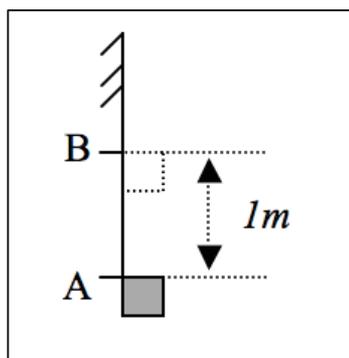
- a)  $35\text{ km/h}$ .
- b)  $80\text{ km/h}$ .
- c)  $95\text{ km/h}$ .
- d)  $71\text{ km/h}$ .

---

**Questão IF 5 (2014/02):** Uma força  $F$  de módulo igual a  $20\text{ N}$ , direção vertical e sentido de baixo para cima, atua sobre um bloco de massa igual a  $1,00\text{ kg}$ . O bloco é deslocado entre os pontos A e B de uma parede vertical sem atrito. O bloco percorre uma distância de  $1\text{ m}$ .

Marque a alternativa que expressa CORRETAMENTE os valores dos trabalhos realizados pelas forças Peso e  $F$ , respectivamente.

Figura 71: Deslocamento sofrido pelo corpo.

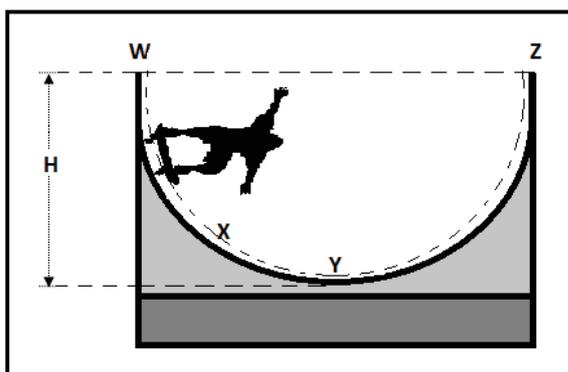


Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Para efeito de cálculo utilize  $10 \text{ m/s}^2$ .

- a)  $-10N \cdot m$  e  $20N \cdot m$
- b)  $0N \cdot m$  e  $-20N \cdot m$
- c)  $10N \cdot m$  e  $20N \cdot m$
- d)  $-10N \cdot m$  e  $-20N \cdot m$

**Questão IF 6 (2014/02):** Um atleta praticante de skate na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória pontilhada passando pelos pontos W, X, Y e Z, conforme a figura. Os pontos W e Z correspondem à altura máxima atingida pelo atleta com seu *skate*.

Figura 72 – Rampa de *skate* em forma de “U”.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Desprezando a ação de forças dissipativas sobre o conjunto (atleta skate) é CORRETO afirmar que:

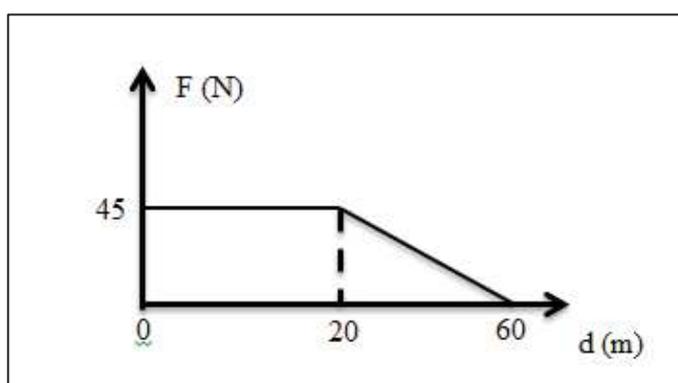
- a) a energia mecânica não é conservada.
- b) a energia cinética e a energia potencial gravitacional têm mesmo valor no ponto

Z.

- c) a energia cinética do ponto Y é igual à energia potencial gravitacional do ponto W.
- d) a energia potencial gravitacional é máxima no ponto Y.

**Questão IF 7 (2014/01):** Uma força  $F$  variável é aplicada a um corpo de  $massa = 36\text{kg}$ , inicialmente, em repouso. O gráfico abaixo representa como essa força única é aplicada sobre ele, ao longo de um deslocamento retilíneo.

Figura 73 – Gráfico força versus deslocamento.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Ao término dos 60m indicados no gráfico, é CORRETO afirmar que:

- a) o trabalho vale  $1.800\text{J}$ , e a sua velocidade vale aproximadamente  $50\text{ m/s}$ .
- b) o trabalho vale  $2.700\text{J}$ , e a sua velocidade vale aproximadamente  $12\text{ m/s}$ .
- c) o trabalho vale  $1.800\text{J}$ , e a sua velocidade vale  $10\text{ m/s}$ .
- d) o trabalho vale  $900\text{J}$ , e a sua velocidade vale  $5\text{ m/s}$ .

**Questão IF 8 (2014/01):** Ao acender uma vela, estamos presenciando a transformação de energia química em energia luminosa e térmica, pois a cera da vela, ao ser derretida sobe pelo barbante e é, então, transformada em luz e calor. Existem outras formas de transformação de energia, uma delas consiste na queda de uma manga presa em um galho a certa altura do solo. Durante a queda da fruta, até tocar no solo e esborrachar-se toda, caso esteja muito madura, ocorrem algumas transformações de energia. A sequência CORRETA de transformações de energia que podem acontecer, durante a queda da manga até tocar o solo, é:

- a) energia luminosa transformando-se em energia potencial química, que, por sua vez, transforma-se em energia potencial gravitacional.

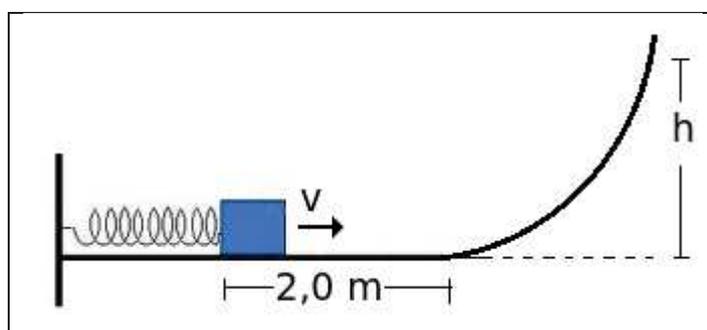
b) energia potencial química transformando-se em energia sonora, que, por sua vez, transforma-se em energia térmica.

c) energia potencial gravitacional transformando-se em energia cinética, que, por sua vez, transforma-se em energia sonora.

d) energia sonora, transformando-se em energia cinética, que, por sua vez, transforma-se em energia potencial gravitacional.

**Questão IF 9 (2014/02):** Um bloco de massa  $5,0\text{kg}$  e mantido em repouso sobre um plano horizontal encostado em uma mola cuja compressão é igual a  $x$ , de constante elástica  $k = 2.000\text{ N/m}$ . Quando a mola é solta, o corpo adquire uma velocidade de  $4,0\text{ m/s}$  no momento em que se desprende, e percorre uma distância de  $2,0\text{m}$ , com velocidade constante em uma superfície horizontal, sem atrito (veja a figura). Ao final dos  $2,0\text{m}$ , existe uma rampa, na qual o bloco sobe até atingir uma altura  $h$  e retornar em direção a mola. Se  $g = 10\text{ m/s}^2$ , desprezando-se os atritos em todo o trajeto, a altura  $h$  e a deformação  $x$  da mola são respectivamente:

Figura 74 – Mola lançando um corpo em um plano horizontal de  $2,0\text{m}$  que termina em uma rampa em forma de meio “U”.

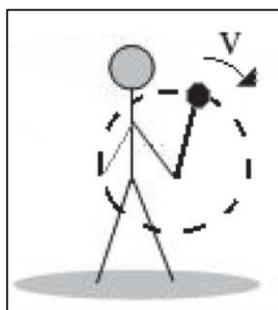


Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

- a)  $40\text{cm}$  e  $1\text{cm}$ .
- b)  $80\text{cm}$  e  $80\text{cm}$ .
- c)  $40\text{cm}$  e  $40\text{cm}$ .
- d)  $80\text{cm}$  e  $20\text{cm}$ .

**Questão IF 10 (2014/02):** Um estudante amarra, na ponta de um barbante, uma bola de plástico e a faz girar em um plano vertical, como mostra a figura. Desconsiderando a resistência do ar, a respeito desse movimento, é CORRETO afirmar que:

Figura 75 – Ilustração da bola de plástico sendo girada verticalmente por uma pessoa com o auxílio de um barbante.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

- a) a força de tração exercida pela corda realiza trabalho sobre a bola enquanto ela gira.
- b) o peso da bola realiza um trabalho positivo sobre ela durante todo o movimento.
- c) a força de tração, por ser uma força centrípeta, não realiza trabalho sobre a bola.
- d) o trabalho da força de tração é o responsável pela variação da energia cinética da bola.

**Questão IF 11 (2015/01):** Em um prédio, a moradora do 3º andar lança verticalmente para baixo, pela janela, com velocidade inicial de  $2,0 \text{ m/s}$ , uma bolsa de  $1,0 \text{ kg}$  para a moradora que se encontra na janela do 1º andar. As alturas das janelas dos 1º e 3º andares, em relação à rua, são, respectivamente,  $2,0 \text{ m}$  e  $9,0 \text{ m}$ . Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar. O trabalho realizado pela força peso da bolsa durante a queda e a velocidade final com que ela chega às mãos da moradora do 1º andar são, respectivamente:

- a)  $70 \text{ J}$  e  $10 \text{ m/s}$ .
- b)  $70 \text{ J}$  e  $12 \text{ m/s}$ .
- c)  $7 \text{ J}$  e  $10 \text{ m/s}$ .
- d)  $90 \text{ J}$  e  $12 \text{ m/s}$ .

**Questão IF 12 (2015/02):** Cinco amigos: Lívia, Igor, Lucas, Bárbara e Rafael, após subirem o Pico da Bandeira, localizado na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, com  $2.892 \text{ m}$  de altitude, resolveram descer por trilhas distintas. Lívia, Igor e Lucas desceram a trilha do lado de Minas Gerais, caminhando por  $12,9 \text{ km}$ , chegando à Portaria/MG do parque, localizada a  $1.000 \text{ m}$  de altitude. Bárbara e Rafael desceram pela trilha do lado do Espírito Santo, caminhando por  $12,5 \text{ km}$ , chegando à Portaria/ES do parque, localizada a  $1.400 \text{ m}$  de

altitude. Os amigos resolveram comparar o Trabalho realizado pela Força Peso de Lucas e Bárbara, pois ambos possuem a massa de  $50kg$ .

Considerando  $g = 10 m/s^2$ , leia as análises dos amigos.

**Livia:** O Trabalho realizado por Bárbara e Lucas foi igual.

**Igor:** Lucas realizou um Trabalho de  $9,46 \times 10^5J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $7,46 \times 10^5J$ .

**Lucas:** Lucas realizou um Trabalho de  $6,45 \times 10^6J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $6,25 \times 10^6J$ .

**Bárbara:** Lucas realizou um Trabalho de  $6,45 \times 10^3J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $6,25 \times 10^3J$ .

**Rafael:** Lucas realizou um Trabalho de  $5,00 \times 10^5J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $7,00 \times 10^5J$ .

A resposta CORRETA foi a de:

- a) Igor.
- b) Lucas.
- c) Bárbara.
- d) Rafael.

---

**Questão IF 13 (2016/01):** Uma partícula é lançada verticalmente para cima de uma altura  $h$  em relação ao solo. Após o lançamento, a partícula atinge sua altura máxima e retorna passando pelo mesmo ponto de lançamento.

Em relação a esse sistema, é CORRETO afirmar que o trabalho realizado pela força peso durante todo o trajeto descrito acima é:

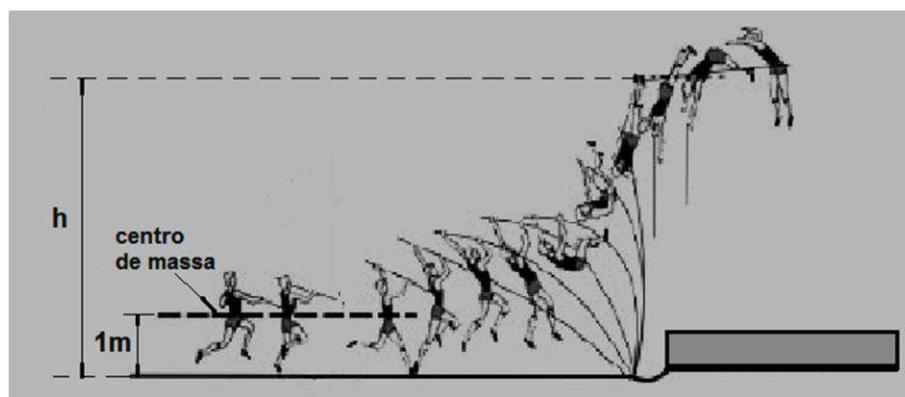
- a) negativo na subida e positivo na descida.
- b) positivo na subida e negativo na descida.
- c) nulo na subida e negativo na descida.
- d) positivo na subida e nulo na descida.

---

**Questão IF 14 (2016/02):** Neste ano, acontecerão os Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. Uma das modalidades na qual o Brasil poderá ganhar medalha será o salto com vara feminino, pois a atleta brasileira Fabiana Murer foi medalha de prata no último Mundial de Atletismo, realizado em Pequim. No salto com vara, a atleta, após uma corrida de alguns metros,

se lança para cima, com auxílio de uma vara, a fim de transpor um obstáculo situado a uma certa altura, como ilustra a figura a seguir.

Figura 76 – Ilustração de um atleta executando salto com vara.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2016.

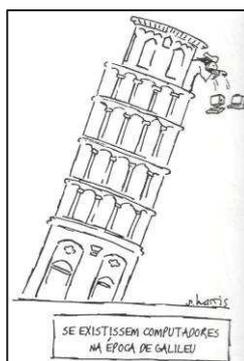
Suponha que, no instante em que o atleta se lança, a sua velocidade seja de  $8,0\text{m/s}$  e que a sua energia mecânica, nesse instante, seja igual a sua energia mecânica ao atingir a altura máxima. Faça uma estimativa da altura máxima  $h$  atingida pelo atleta, considerando que toda a sua massa esteja concentrada no seu centro de massa e que, no instante do salto, estava a uma altura  $1,0\text{m}$  do solo. Considere:  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

- a)  $4,2\text{m}$
- b)  $3,2\text{m}$
- c)  $5,0\text{m}$
- d)  $5,2\text{m}$

---

**Questão IF 15 (2017/01):** A charge a seguir, do artista americano Sidney Harris, ilustra uma experiência atribuída a Galileu Galilei (1564-1642) na Torre de Pisa, na Itália, na qual ele abandona do alto da torre dois corpos de massas distintas. Apesar de não haver nenhum registro histórico sobre essa experiência e de, provavelmente, não ter acontecido, ela se tornou muito conhecida para descrever o caráter experimental do italiano.

Figura 77 – Ilustração do artista americano Sidney Harris



Fonte: HARRIS, Sidney. A ciência ri: o melhor de Sidney Harris. Editora UNESP, 2007. São Paulo: 2007. p.138.

Sobre a experiência, desconsiderando a resistência do ar, é CORRETO afirmar que:

- a) se houvesse realizado a experiência, Galileu observaria que os corpos chegariam ao chão juntos, mas com velocidades diferentes.
- b) ela demonstraria que corpos de massas diferentes, quando abandonados de uma mesma altura, atingem, simultaneamente, o chão, com as mesmas velocidades.
- c) ela demonstraria que os corpos em queda possuem acelerações proporcionais a suas massas.
- d) ela demonstraria que o corpo de maior massa chegaria ao chão primeiro e com maior velocidade do que o corpo de menor massa.

**Questão IF 16 (2018/01):** As empilhadeiras (Figura 78) são veículos usados em algumas empresas. Talvez você já tenha visto uma dessas em supermercados atacadistas, onde elas são usadas para acomodar paletes com produtos em prateleiras que podem atingir  $7m$  de altura. Considere que a empilhadeira eleva um certo palete com  $900kg$  de refrigerante em um movimento retilíneo uniforme a  $5m$  de altura do chão. Em seguida, desloca-se horizontalmente por  $3m$  e deposita o palete numa prateleira. Marque a alternativa CORRETA quanto à força que a empilhadeira aplica no palete durante o movimento de subida, com velocidade constante, e o trabalho realizado por essa força no deslocamento de  $3m$ . Considere a aceleração da gravidade  $10 m/s^2$ .

Figura 78 – A empilhadeira.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2018. Disponível em:<  
<http://vagasabertas.org/curso-operador-de-empilhadeira-senai-rj.html>>. Acesso em: 08 set. 2017

- a) A força que a empilhadeira aplica é maior que o peso do palete e o trabalho realizado é de  $2,7 \times 10^4 J$ .
- b) A força que a empilhadeira aplica é maior que o peso do palete e o trabalho realizado é nulo.
- c) A força que a empilhadeira aplica é igual ao peso do palete e o trabalho realizado é nulo.
- d) A força que a empilhadeira aplica é igual ao peso do palete e o trabalho realizado é de  $2,7 \times 10^4 J$ .

---

**Questão IF 17 (2018/01):** Há poucos anos, as lâmpadas que iluminavam as residências dos brasileiros eram predominantemente incandescentes. Esse tipo de lâmpada emite luz devido à alta temperatura que o filamento atinge. Nos últimos anos, vimos a substituição dessas lâmpadas pelas fluorescentes, que emitem luz ultravioleta, cuja frequência não é visível. Entretanto, essas lâmpadas são revestidas internamente com um material que transforma a luz UV em luz visível. A maior desvantagem dessas lâmpadas é o fato de terem mercúrio e fósforo na composição. Esses elementos são altamente poluentes. Atualmente essas lâmpadas estão sendo substituídas por lâmpadas de LED (Diodo emissor de luz) em que a transformação de energia elétrica em luz ocorre na matéria em estado sólido. Ao adquirir uma lâmpada de LED nota-se em sua embalagem a seguinte informação (Figura 79):

Figura 79 – A embalagem da lâmpada.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2018. Disponível em: <https://www.led24horas.com.br/bulbo/lampada-led-9w-bulbo-lolalux-branco-frio/>. Acesso em: 08 set. 2017.

Marque a alternativa CORRETA, considerando as informações da embalagem.

- a) A lâmpada de LED utiliza 36% menos energia elétrica do que a lâmpada fluorescente.
- b) A lâmpada de LED consome menos energia por segundo que as demais lâmpadas.
- c) A lâmpada incandescente ilumina mais que as outras lâmpadas.
- d) As três lâmpadas dissipam a mesma potência que é 110V.

**Questão IF 18 (2018/02):** Com a necessidade cada vez maior de economizarmos energia elétrica, faz-se necessária a compra de eletrodomésticos cada vez mais eficientes. Por exemplo, podemos trocar nossas lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED que apresentam uma eficiência energética maior. Pensando assim, Sr. Paulo resolveu mudar as 8 lâmpadas de sua casa pelo modelo mais econômico, cada lâmpada nova apresentava, em sua embalagem, a seguinte descrição:  $120V - 10W$ . Em média, as 8 lâmpadas ficam ligadas durante 2 horas por dia cada uma. Considerando que um mês tem 30 dias, a alternativa CORRETA que representa o gasto, em reais, com a utilização dessas novas lâmpadas é:

Considere o preço do  $kW/h$ , na casa do Sr. Paulo, como sendo de R\$0,50.

- a) R\$28,80
- b) R\$14,40
- c) R\$8,00
- d) R\$2,40

**Questão IF 19 (2019/01):** Uma pessoa de  $63kg$  que se encontrava na sacada de um prédio, por algum descuido, se desequilibrou e caiu do 3º andar (cada andar equivale a

2,8metros). Por milagre, ela sofreu apenas algumas luxações pelo corpo ao tocar no solo, fato ocorrido devido a alguns amortecimentos que ela possivelmente sofreu durante sua queda. O fato é que, se ela não tivesse sofrido esses amortecimentos, provavelmente os danos seriam maiores. Ao fazermos uma estimativa de sua energia mecânica e de sua velocidade ao chegar ao solo, caso não tivesse sido amortecida, (desprezando as forças dissipativas), encontraríamos um valor próximo respectivamente de:

Considere o valor da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 5.292J e  $\sqrt{168} \text{ m/s}$
- b) 1.764J e  $\sqrt{56} \text{ m/s}$ .
- c) 5.292J e 84 m/s.
- d) 1.890J e  $\sqrt{60} \text{ m/s}$ .

---

**Questão IF 20 (2019/02):** O funcionário de uma empresa especializada em limpeza de janelas de prédios está trabalhando do lado externo de um prédio, efetuando a limpeza das janelas. Para esse trabalho externo, o funcionário está usando todos os equipamentos de segurança necessários e também está equipado com todo o material de limpeza que será usado. Em um momento de descuido, o trabalhador deixa cair, a partir do repouso, uma garrafa de plástico, contendo água, com massa de 0,5kg (quilograma) de uma altura de 40metros. Considerando que a aceleração da gravidade no local seja  $10 \text{ m/s}^2$  (metros por segundo quadrado), desprezando os efeitos da resistência do ar e o formato da garrafa, a energia potencial gravitacional da garrafa no topo do prédio e sua energia cinética ao chegar ao solo são respectivamente:

- a) 400joules e 400joules.
- b) 200joules e 200joules.
- c) 200joules e 0Joules.
- d) 0joules e 200joules.

## 8. QUESTÕES COMENTADAS DO IF

A seguir, colocamos as questões retiradas dos exames de seleção do Instituto Federal do Sudeste Mineiro. Essas questões correspondem ao levantamento feito no próprio portal da COPESE, que durante a elaboração do trabalho foi possível conseguirmos acesso às provas de 2013 a 2019.

As questões a seguir sofreram algumas edições:

- i. Eliminamos uma alternativa para que os itens pudessem ser utilizados no *Plickers*;
- ii. Mudamos algumas opções para que elas pudessem estar coerentes com a proposta de distratores;
- iii. Colocamos as alternativas propostas dentro de quadros. Assim o fizemos para que ao lado de cada opção pudessemos discutir as possíveis justificativas delas como resposta.

---

**Questão IF 01 (2013):** Em uma pista circular de raio  $R$ , localizada em um plano horizontal, um carrinho de brinquedo de massa  $m$  inicia um movimento a partir de uma velocidade inicial  $v_0$  e com aceleração constante, fazendo o módulo do vetor velocidade aumentar gradualmente. Após dar um número inteiro de voltas completas, o carrinho atinge uma velocidade que é 5 vezes maior que a inicial. CALCULE qual a quantidade de energia, em joules, necessária para realizar esse efeito e marque a opção CORRETA.

Quadro 10 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 01.

Alternativas	Justificativas
a) $12mv_0^2$	$\tau = \Delta E_c = E_c - E_{c_0}$ $\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}; \text{ mas } v = 5v_0$ $\tau = \frac{m(5v_0)^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ $\tau = \frac{25mv_0^2 - mv_0^2}{2}$ $\tau = \frac{24mv_0^2}{2}$ $\tau = 12mv_0^2$
b) $13mv_0^2$	<p>O aluno pode acreditar que pelo fato da velocidade estar aumentando, a energia estaria sempre aumentando, desse modo, ele somaria a energia cinética inicial com a final.</p> $\tau = E_c + E_{c_0}$

	$\tau = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}; \text{ mas } v = 5v_0$ $\tau = \frac{m(5v_0)^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$ $\tau = \frac{25mv_0^2 + mv_0^2}{2}$ $\tau = \frac{26mv_0^2}{2}$ $\tau = 13mv_0^2$
c) $10\pi mv_0^2$	<p>O aluno considera que pelo fato da velocidade ser 5 vezes maior que a inicial, o carrinho precisa dar também 5 voltas para isso. Desse modo, a distância percorrida por ele seria de:</p> $d = 5 \times 2\pi r = 10\pi r$ <p>Além disso, ele pega a força centrípeta e utiliza junto com a distância:</p> $\tau = F \cdot d$ $\tau = \frac{mv^2}{r} \cdot 10\pi r$ $\tau = 10\pi mv^2$
d) $24mv_0^2/R$	O aluno associa o trabalho à variação da força centrípeta e não à variação da energia cinética.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2013 (adaptado).

**Questão IF 02 (2013):** Lança-se uma esfera de massa M verticalmente para cima, a partir do solo da Lua. Sabe-se que, na Lua, não existe atmosfera. Pode-se, então, afirmar CORRETAMENTE que essa esfera:

Quadro 11 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 02.

Alternativas	Justificativas
a) atinge uma altura máxima onde permanece parada, pois, na Lua, não existe gravidade.	É muito comum o aluno fazer a ligação de ausência de atmosfera com ausência de gravidade.
b) atinge uma altura máxima onde ela para, porque sua aceleração é nula nesse ponto.	Quando o corpo atinge a altura máxima, sua velocidade é nula, não sua aceleração. É comum o aluno fazer essa confusão quando está iniciando seu estudo em Física.
c) não mais retornará à Lua, já que ela é lançada no vácuo.	Esta opção mostra mais uma vez a possibilidade de raciocínio do aluno fazer a ligação de ausência de atmosfera com ausência de gravidade.
<b>d) retorna ao solo com velocidade de mesmo valor com que foi lançada.</b>	<b>Pelo princípio da conservação da energia, a velocidade que a esfera deverá cair na superfície da Lua deverá ser a mesma com que foi lançada.</b>

Fonte: Exame de seleção do IF de 2013 (adaptado)

**Questão IF 03 (2013/02):** Três estudantes discutem sobre um filme de ficção científica que viram recentemente. No filme, dois tripulantes de mesma massa de uma nave espacial

precisam saltar de uma determinada altura da superfície terrestre. Para o salto, em queda livre, eles utilizam trajes especiais idênticos, entretanto, um dos astronautas adicionou ao seu traje uma carga de chumbo, argumentando que sua queda seria mais rápida que a do outro sem a carga adicional. Na condição de haver SOMENTE a força gravitacional atuando sobre os dois astronautas, no momento da queda de uma mesma altura em relação à superfície terrestre, os três estudantes lançaram hipótese sobre qual deveria ser o desfecho da situação de acordo com os princípios da Física:

Quadro 12 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 03.

<b>Alternativas</b>	<b>Justificativas</b>
I – Aluno A: Os dois astronautas têm um movimento retilíneo acelerado, em direção ao centro da Terra. Em razão das diferenças entre as massas, cada corpo deve chegar à superfície em intervalos de tempos distintos. O mais “pesado” chega antes que o mais “leve”.	De fato: ambos astronautas em queda livre possuem um movimento retilíneo uniformemente variado e acelerado, que têm sim o sentido para o centro da Terra. Contudo, a massa do corpo não interfere no tempo de queda.
II – Aluno B: Os dois astronautas têm um movimento uniforme em direção ao centro da Terra, porém os dois chegam ao mesmo tempo.	O tempo de queda de ambos é o mesmo, contudo, como eles estão sujeitos à força gravitacional, conseqüentemente estão sujeitos à aceleração da gravidade, o que, desse modo, impede que o movimento seja uniforme.
<b>III – Aluno C: Como a aceleração gravitacional não depende da massa dos astronautas, eles levam o mesmo intervalo de tempo para chegar à superfície terrestre, independentemente, da diferença de massa entre eles.</b>	<p><b>Na queda livre a aceleração que os corpos estão sujeitos é a mesma, no caso, a aceleração da gravidade. Desprezando a resistência do ar, através do princípio da conservação da energia, podemos verificar que ambos os corpos atingem o solo com a mesma velocidade se forem abandonados da mesma altura. Nesse caso, temos a energia potencial gravitacional sendo transformada em energia cinética.</b></p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $E_{PG} = E_C$ $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$ $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

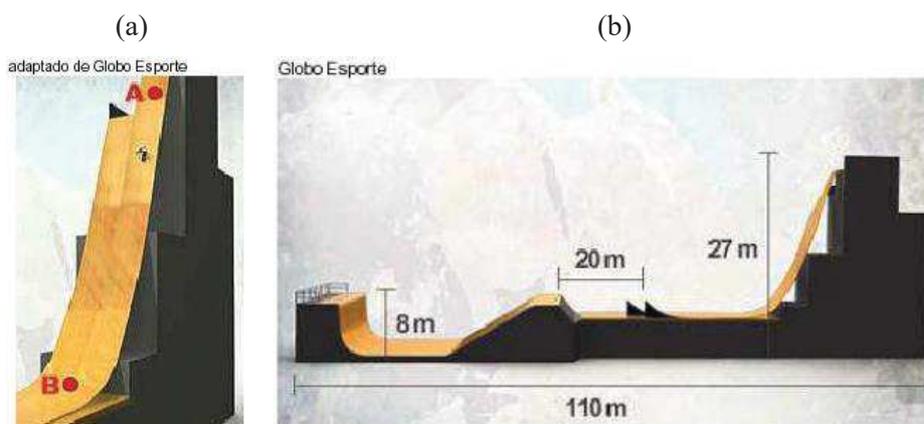
Fonte: Exame de seleção do IF de 2013 (adaptado).

Marque, dentre as alternativas abaixo, a que expressa a(s) hipótese(s) CORRETA(S).

- a) A hipótese I é a única correta.
- b) A hipótese II é a única correta.
- c) A hipótese III é a única correta.
- d) As hipóteses I e III são as únicas corretas.

**Questão IF 04 (2013/02):** Os esportes radicais sempre trazem questões muito interessantes sobre a Física. Alguns dos cálculos aproximados realizados a partir de princípios físicos auxiliam os esportistas a executarem as manobras com mais segurança. É o caso da Megarampa de skate. O skatista deve partir do repouso, no ponto A, a 27 metros de altura em relação ao ponto B da rampa inicial, como mostra a Figura 80 (a). Com isso, deve atingir uma velocidade mínima necessária para realizar o salto sobre um vão de 20 metros de comprimento indicada na Figura 80 (b).

Figura 80 (a): O skatista desce a rampa do ponto A. (b): O vão de 20 metros que o skatista precisa saltar para chegar à área de manobras



Fonte: Exame de seleção IF Sudeste MG – segundo semestre de 2012.

Desprezando qualquer atrito aerodinâmico ou outro atrito qualquer, marque a alternativa que expressa CORRETAMENTE o valor mais próximo da velocidade do skatista no ponto B da trajetória, calculada a partir dos dados fornecidos. A aceleração da gravidade local é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Quadro 13 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 04.

Alternativas	Justificativas
a) 35 km/h.	O aluno pode não distinguir a velocidade da aceleração e considera que a velocidade é de 9,8 e a converte para km/h.
b) 80 km/h.	$E_{M_i} = E_{M_f}$ $E_{PG} = E_C$ $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$

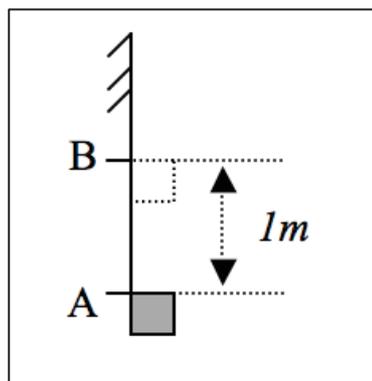
	$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 27} = \sqrt{529,2}$ $v \cong 23,004 \text{ m/s} \times 3,6 \therefore v \cong 82,82 \text{ km/h}$
c) 95 km/h.	<p>O aluno pode considerar a altura como 35 metros por não compreender que o referencial da energia potencial gravitacional é arbitrário.</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $E_{PG} = E_C$ $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$ $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 35} = \sqrt{686}$ $v \cong 26,19 \text{ m/s} \times 3,6 \therefore v \cong 94,29 \text{ km/h}$
d) 71 km/h.	<p>O aluno pode considerar que os 20 metros que o <i>skatista</i> deverá atravessar entraria no cálculo:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $E_{PG} = E_C$ $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$ $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 20} = \sqrt{392}$ $v \cong 19,80 \text{ m/s} \times 3,6 \therefore v \cong 71,28 \text{ km/h}$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2013 (adaptado).

**Questão IF 05 (2014/02):** Uma força  $F$  de módulo igual a  $20N$ , direção vertical e sentido de baixo para cima, atua sobre um bloco de massa igual a  $1,00kg$ . O bloco é deslocado entre os pontos A e B de uma parede vertical sem atrito. O bloco percorre uma distância de  $1m$ .

Marque a alternativa que expressa CORRETAMENTE os valores dos trabalhos realizados pelas forças Peso e  $F$ , respectivamente.

Figura 81: Deslocamento sofrido pelo corpo.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

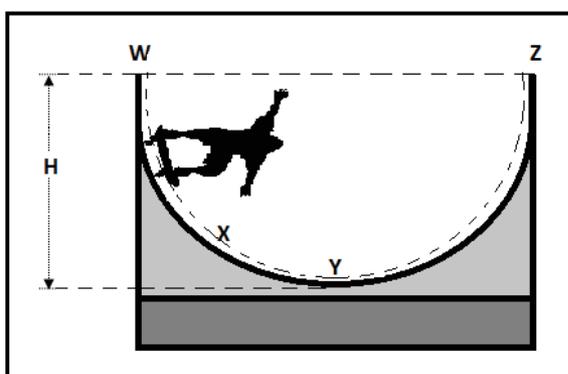
Para efeito de cálculo utilize  $10 \text{ m/s}^2$ .

Quadro 14 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 05.

Alternativas	Justificativas	
a) $-10N \cdot m$ e $20N \cdot m$	<b>Para a força peso:</b> $\tau_P$ $= P \cdot 1 \cdot \cos(180^\circ)$ $\tau_P = \underbrace{1 \cdot 10}_{m \cdot g} \cdot 1 \cdot (-1)$ $\tau_P = -10J$	<b>Para a força F:</b> $\tau_F = 20 \cdot 1 \cdot \cos(0^\circ)$ $\tau_F = 20 \cdot 1$ $\tau_F = 20J$
b) $0N \cdot m$ e $-20N \cdot m$	Como o peso não faz o corpo subir, o aluno pode pensar que ele não realiza trabalho.	O aluno calcula corretamente o módulo do trabalho da força F, contudo, pode acreditar que ele seria negativo já que a força é contrária a aceleração da gravidade.
c) $10N \cdot m$ e $20N \cdot m$	O aluno calcula o módulo do trabalho da força peso, mas se esquece que a força peso é contrária ao deslocamento, portanto, seria o trabalho negativo.	Correto o cálculo do trabalho da força F.
d) $-10N \cdot m$ e $-20N \cdot m$	Correto o cálculo do trabalho da força peso.	O aluno calcula corretamente o módulo do trabalho da força F, contudo, pode acreditar que ele seria negativo já que a força é contrária a aceleração da gravidade.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

**Questão IF 06 (2014/02):** Um atleta praticante de skate na modalidade vertical efetua sua performance descrevendo a trajetória pontilhada passando pelos pontos W, X, Y e Z, conforme a figura. Os pontos W e Z correspondem à altura máxima atingida pelo atleta com seu *skate*.

Figura 82 – Rampa de *skate* em forma de “U”.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Desprezando a ação de forças dissipativas sobre o conjunto (atleta skate) é CORRETO afirmar que:

Quadro 15 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 06.

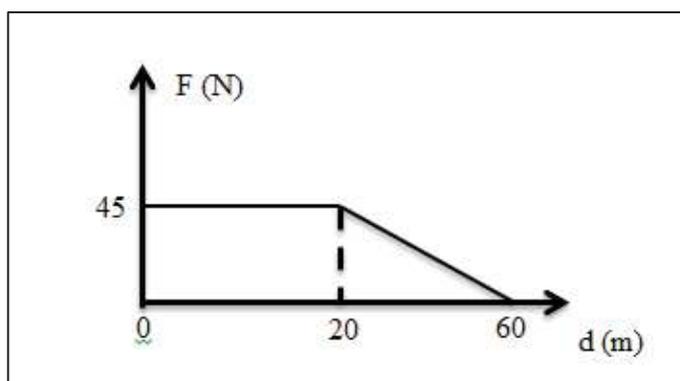
Alternativas	Justificativas
a) a energia mecânica não é conservada.	Assim como a energia potencial gravitacional e cinética podem variar em um sistema com ausência de forças dissipativas, o aluno pode acreditar que a energia mecânica também pode mudar em um sistema conservativo.
b) a energia cinética e a energia potencial gravitacional têm mesmo valor no ponto Z.	Como o sistema é ausente de forças dissipativas e aluno pode entender que tanto a energia cinética, quanto a energia potencial gravitacional e a energia mecânica se conservam em todos os pontos.
c) a energia cinética do ponto Y é igual à energia potencial gravitacional do ponto W.	<b>Como o problema proposto é ausente de forças dissipativas, pelo princípio da conservação da energia, temos que a energia mecânica do ponto W é a mesma no ponto Y. Como em W o <i>skatista</i> está na altura máxima, sua velocidade nesse ponto é zero, assim, sua energia mecânica é apenas a energia potencial gravitacional desse lugar; quando ele atinge o ponto Y, a altura de referência é zero e o atleta atinge sua velocidade máxima. Desse modo, sua energia potencial gravitacional zera e a energia mecânica fica sendo apenas a energia cinemática.</b>
d) a energia potencial gravitacional é máxima no ponto Y.	O aluno compreende que na ausência de forças dissipativas a energia mecânica se conserva e que há variação da energia potencial gravitacional e da cinética e que uma atinge um valor máximo e a outra mínimo e vice-versa. Contudo, o aluno pode entender que por ser o ponto mais baixo da trajetória, a aceleração da gravidade seria maior, já que quanto mais longe da superfície da Terra, menor ela seria, assim, ele acaba considerando que a energia potencial gravitacional seria maior; o estudante não considera que a diferença de altura é tão pequena que não interferiria na aceleração da gravidade.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

---

**Questão IF 07 (2014/01):** Uma força  $F$  variável é aplicada a um corpo de  $massa = 36\text{kg}$ , inicialmente, em repouso. O gráfico abaixo representa como essa força única é aplicada sobre ele, ao longo de um deslocamento retilíneo.

Figura 83 – Gráfico força versus deslocamento.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Ao término dos 60m indicados no gráfico, é CORRETO afirmar que:

Quadro 16 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 07.

Alternativas	Justificativas
a) o trabalho vale 1.800J, e a sua velocidade vale aproximadamente 50 m/s.	<p>O aluno compreende que no gráfico <math>F \times \Delta S</math>, a área é numericamente igual ao trabalho:</p> $\tau = A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$ $\tau = \frac{(60 + 20) \cdot 45}{2}$ $\tau = 1.800J$ <p>O aluno compreende corretamente o teorema da variação da energia cinética:</p> $\tau = \Delta E_C = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ <p>Contudo, não sabe corretamente as propriedades da potenciação e simplifica o expoente 2 com o denominador 2:</p> $1.800 = \frac{36v^2}{2} - \frac{36 \times 0^2}{2}$ $1.800 = \frac{36v^2}{2} \Rightarrow 1.800 = 36v$ $v = \frac{1.800}{36}$ $\Rightarrow \boxed{v = 50 \text{ m/s}}$
b) o trabalho vale 2.700J, e a sua velocidade vale aproximadamente 12 m/s.	<p>O aluno compreende que no gráfico <math>F \times \Delta S</math>, a área é numericamente igual ao trabalho, contudo ele tem dificuldade de identificar corretamente a curva de que deve calcular a área.</p> $\tau = A = b \cdot h$ $\tau = 60 \cdot 45$ $\tau = 2.700J$ <p>O aluno compreende corretamente o teorema da variação da energia cinética:</p> $\tau = \Delta E_C = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ $2.700 = \frac{36v^2}{2} - \frac{36 \times 0^2}{2}$ $5.400 = 36v^2 \Rightarrow v^2 = 150$ $v = \sqrt{150} \Rightarrow v \cong 12 \text{ m/s}$

<p>c) o trabalho vale <b>1.800J</b>, e a sua velocidade vale <b>10 m/s</b>.</p>	$\tau = A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$ $\tau = \frac{(60 + 20) \cdot 45}{2}$ $\tau = 1.800J$	$\tau = \Delta E_c = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ $1.800 = \frac{36v^2}{2} - \frac{36 \times 0^2}{2}$ $3.600 = 36v^2 \Rightarrow v^2 = 100$ $v = 10 \text{ m/s}$
<p>d) o trabalho vale <b>900J</b>, e a sua velocidade vale <b>5 m/s</b>.</p>	<p>O aluno compreende que no gráfico <math>F \times \Delta S</math>, a área é numericamente igual ao trabalho, contudo ele tem dificuldade de identificar corretamente a curva de que deve calcular a área.</p> $\tau = A = b \cdot h$ $\tau = 20 \cdot 45$ $\tau = 900J$	$\tau = \Delta E_c = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ $900 = \frac{36v^2}{2} - \frac{36 \times 0^2}{2}$ $1.800 = 36v^2 \Rightarrow v^2 = 25$ $v = 5 \text{ m/s}$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

**Questão IF 08 (2014/01):** Ao acender uma vela, estamos presenciando a transformação de energia química em energia luminosa e térmica, pois a cera da vela, ao ser derretida sobe pelo barbante e é, então, transformada em luz e calor. Existem outras formas de transformação de energia, uma delas consiste na queda de uma manga presa em um galho a certa altura do solo. Durante a queda da fruta, até tocar no solo e esborrachar-se toda, caso esteja muito madura, ocorrem algumas transformações de energia. A sequência CORRETA de transformações de energia que podem acontecer, durante a queda da manga até tocar o solo, é:

Quadro 17 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 08.

Alternativas	Justificativas
<p>a) energia luminosa transformando-se em energia potencial química, que, por sua vez, transforma-se em energia potencial gravitacional.</p>	<p>O aluno considera o processo de formação da fruta: a fruta é formada em uma certa altura, portanto, ela possui uma determinada energia potencial; para a fruta estar no alto do galho, há um processo de “gasto” de energia química que é proveniente das reações ocorridas na árvore que absorve energia solar. Embora possa ser uma alternativa correta, ela não descreve o processo de transformação de energia durante a queda.</p>

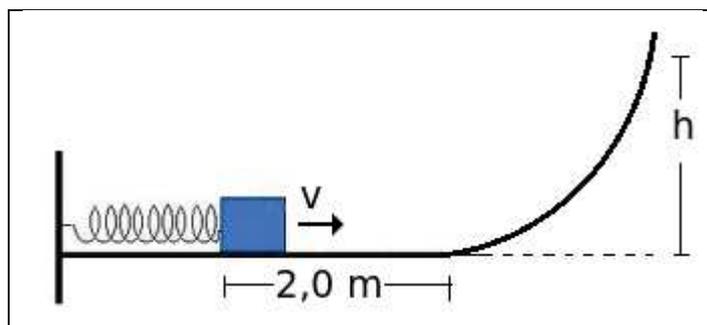
b) energia potencial química transformando-se em energia sonora, que, por sua vez, transforma-se em energia térmica.	Devido ao descrito com a vela, o aluno pode entender que há alguma relação entre o que ocorre com a manga e o que ocorre com a vela.
c) energia potencial gravitacional transformando-se em energia cinética, que, por sua vez, transforma-se em energia sonora.	<b>Pelo princípio da conservação da energia, a energia mecânica inicial é igual à energia mecânica final mais o módulo do trabalho das forças dissipativas. Quando a manga está dependurada, ela possui energia potencial gravitacional, que ao amadurecer, rompe-se do galho e começa a cair, partindo do repouso e adquirindo energia cinética. Devido à presença de forças dissipativas, é possível escutar o som do impacto da manga batendo no chão.</b>
d) energia sonora, transformando-se em energia cinética, que, por sua vez, transforma-se em energia potencial gravitacional.	O aluno identifica corretamente as energias envolvidas, mas troca a ordem dos processos.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

---

**Questão IF 09 (2014/02):** Um bloco de massa  $5,0\text{kg}$  e mantido em repouso sobre um plano horizontal encostado em uma mola cuja compressão é igual a  $x$ , de constante elástica  $k = 2.000\text{ N/m}$ . Quando a mola é solta, o corpo adquire uma velocidade de  $4,0\text{ m/s}$  no momento em que se desprende, e percorre uma distância de  $2,0\text{m}$ , com velocidade constante em uma superfície horizontal, sem atrito (veja a figura). Ao final dos  $2,0\text{m}$ , existe uma rampa, na qual o bloco sobe até atingir uma altura  $h$  e retornar em direção a mola. Se  $g = 10\text{ m/s}^2$ , desprezando-se os atritos em todo o trajeto, a altura  $h$  e a deformação  $x$  da mola são respectivamente:

Figura 84 – Mola lançando um corpo em um plano horizontal de 2,0m que termina em uma rampa em forma de meio “U”.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Quadro 18 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 09.

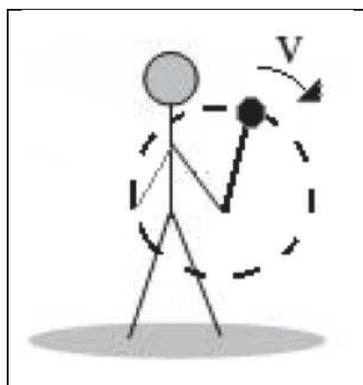
Alternativas	Justificativas	
a) 40cm e 1cm.	<p>O aluno aplica corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{mv_i^2}{2} = mgh_f$ $h_f = \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$ <p>Contudo, não sabe aplicar corretamente a propriedade da potenciação:</p> $h_f = \frac{(4)^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{20}$ $h_f = 0,4m \Rightarrow \boxed{h_f = 40cm}$	<p>O aluno compreende corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ <p>Contudo, como o aluno não compreende corretamente a propriedade da potenciação, ele simplifica o 2 do expoente com o dois do denominador, chegando, então, na expressão abaixo:</p> $x = \frac{m \cdot v}{k} = \frac{5 \cdot 4}{2.000}$ $x = 0,01m \Rightarrow x = 1cm$
b) 80cm e 80cm.	<p>O aluno aplica corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{mv_i^2}{2} = mgh_f$ $h_f = \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$ $h_f = \frac{(4)^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20}$ $h_f = 0,8m \Rightarrow \boxed{h_f = 80cm}$	<p>O aluno, por aplicar o princípio da conservação da energia para encontrar a altura atingida, ele entende que para energia ser conservada, a mola deve ser comprimida o mesmo tanto que o corpo sobe.</p>
c) 40cm e 40cm.	<p>O aluno compreende o princípio da conservação da energia e faz que:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{mv_i^2}{2} = mgh_f$ $h_f = \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$	<p>O aluno, por aplicar o princípio da conservação da energia para encontrar a altura atingida, ele entende que para energia ser conservada, a mola deve ser comprimida o mesmo tanto que o corpo sobe.</p>

	$h_f = \frac{(4)^2}{2 \cdot 10}$ <p>Contudo, não sabe aplicar corretamente a propriedade da potenciação:</p> $h_f = \frac{8}{20}$ $h_f = 0,4\text{m} \Rightarrow \boxed{h_f = 40\text{cm}}$	
d) 80cm e 20cm.	<p>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos que no momento em que o bloco se desprender da mola, ele possuirá apenas energia cinética, que será convertida integralmente em energia potencial gravitacional.</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{mv_i^2}{2} = mgh_f$ $h_f = \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$ $h_f = \frac{(4)^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20}$ $h_f = 0,8\text{m} \Rightarrow \boxed{h_f = 80\text{cm}}$	<p>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos que no momento em que a mola estiver toda comprimida, a energia potencial elástica ali acumulada será totalmente convertida em energia cinética.</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ $x = \sqrt{\frac{m \cdot v^2}{k}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 4^2}{2.000}}$ $x = \sqrt{\frac{80}{2.000}} \Rightarrow x = \sqrt{0,04}$ $x = 0,2\text{m} \Rightarrow \boxed{x = 20\text{cm}}$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

**Questão IF 10 (2014/02):** Um estudante amarra, na ponta de um barbante, uma bola de plástico e a faz girar em um plano vertical, como mostra a figura. Desconsiderando a resistência do ar, a respeito desse movimento, é CORRETO afirmar que:

Figura 85 – Ilustração da bola de plástico sendo girada verticalmente por uma pessoa com o auxílio de um barbante.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

Quadro 19 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 10.

Alternativas	Justificativas
a) a força de tração exercida pela corda realiza trabalho sobre a bola enquanto ela gira.	O aluno não compreende que a força centrípeta tem trabalho nulo.
b) o peso da bola realiza um trabalho positivo sobre ela durante todo o movimento.	Pelo peso exercer um trabalho positivo em um corpo em queda livre, tendo a mesma direção e sentido da aceleração da gravidade e o movimento ocorrer na vertical, o aluno pode entender que essa é a alternativa correta.
<b>c) a força de tração, por ser uma força centrípeta, não realiza trabalho sobre a bola.</b>	<b>Forças perpendiculares exercem trabalho nulo. Como a força de tração é a força centrípeta, ela aponta sempre para o centro da trajetória, que é circular. Portanto, a força de tração não realiza trabalho.</b>
d) o trabalho da força de tração é o responsável pela variação da energia cinética da bola.	A tração é a força responsável por fazer o corpo variar sua trajetória, mantendo o corpo em um movimento circular. Como ela varia a velocidade em direção e sentido, ou seja, varia o vetor velocidade, o aluno pode acreditar que que a energia cinética iria variar por conta disso, ele não levaria em conta que energia é uma grandeza escalar e que a cinética analisa apenas o módulo da velocidade.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2014 (adaptado).

**Questão IF 11 (2015/01):** Em um prédio, a moradora do 3º andar lança verticalmente para baixo, pela janela, com velocidade inicial de  $2,0 \text{ m/s}$ , uma bolsa de  $1,0 \text{ kg}$  para a moradora que se encontra na janela do 1º andar. As alturas das janelas dos 1º e 3º andares, em relação à rua, são, respectivamente,  $2,0 \text{ m}$  e  $9,0 \text{ m}$ . Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar. O trabalho realizado pela força peso da bolsa durante a queda e a velocidade final com que ela chega às mãos da moradora do 1º andar são, respectivamente:

Quadro 20 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 11.

Alternativas	Justificativas
a) $70 \text{ J}$ e $10 \text{ m/s}$ .	<p>O trabalho de uma força é:  <math>\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)</math>  A força em questão é a força peso, e o deslocamento é a diferença entre as alturas:  <math>\tau_p = P \cdot (h_i - h_f) \cdot \cos(\theta)</math>  Para a força peso:</p> <p>Uma possibilidade para o resultado de <math>10 \text{ m/s}</math> ser encontrado pelo aluno, é ele não ter assimilado corretamente o conceito de força e atribuir a velocidade aquilo que é força. Ao invés de escrever:  <math>F = ma,</math>  O aluno consideraria que:  <math>v = ma \begin{cases} m = 1 \\ a = g = 10 \end{cases}</math></p>

	$\tau_P = m \cdot g \cdot h \cdot \cos(0^\circ)$ $\tau_P = 1 \cdot 10 \cdot (9 - 2) \cdot (1)$ $\tau_P = 10 \cdot 7$ $\tau_P = 70\text{J}$	Chegando então em: $v = 1 \times 10 \Rightarrow v = 10$
<b>b) 70J e 12 m/s.</b>	<b>O trabalho de uma força é:</b> $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ A força em questão é a força peso, e o deslocamento é a diferença entre as alturas: $\tau_P = P \cdot (h_i - h_f) \cdot \cos(\theta)$ <b>Para a força peso:</b> $\tau_P = m \cdot g \cdot h \cdot \cos(0^\circ)$ $\tau_P = 1 \cdot 10 \cdot (9 - 2) \cdot (1)$ $\tau_P = 10 \cdot 7$ $\tau_P = 70\text{J}$	<b>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</b> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 9 + \frac{2^2}{2} = 10 \cdot 2 + \frac{v_f^2}{2}$ $v_f^2 = 144$ $v_f = \sqrt{144} \Rightarrow v_f = 12 \text{ m/s}$
<b>c) 7J e 10 m/s.</b>	O trabalho de uma força é: $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ A força em questão é a força peso, e o deslocamento é a diferença entre as alturas: $\tau_P = P \cdot (h_i - h_f)$ O aluno pode não ter compreendido corretamente o conceito de força, e atribuir ao peso o valor da massa do corpo. $\tau_P = 1 \cdot (9 - 2)$ $\tau_P = 1 \cdot (7)$ $\tau_P = 7\text{J}$	Uma possibilidade para o resultado de 10 m/s ser encontrado pelo aluno, é ele não ter compreendido corretamente o conceito de força e atribuir a velocidade aquilo que é força. Ao invés de escrever: $F = ma,$ O aluno consideraria que: $v = ma \begin{cases} m = 1 \\ a = g = 10 \end{cases}$ Chegando então em: $v = 1 \times 10 \Rightarrow v = 10$
<b>d) 90J e 12 m/s.</b>	Para a força peso, o aluno pode pensar que o trabalho é a energia potencial gravitacional no andar em que a bolsa foi lançada: $E_{PG} = m \cdot g \cdot h$ $E_{PG} = 1 \cdot 10 \cdot 9$ $E_{PG} = 90\text{J}$	<b>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</b> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 9 + \frac{2^2}{2} = 10 \cdot 2 + \frac{v_f^2}{2}$ $v_f^2 = 144$ $v_f = \sqrt{144} \Rightarrow v_f = 12 \text{ m/s}$

**Questão IF 12 (2015/02):** Cinco amigos: Lívia, Igor, Lucas, Bárbara e Rafael, após subirem o Pico da Bandeira, localizado na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, com  $2.892m$  de altitude, resolveram descer por trilhas distintas. Lívia, Igor e Lucas desceram a trilha do lado de Minas Gerais, caminhando por  $12,9km$ , chegando à Portaria/MG do parque, localizada a  $1.000m$  de altitude. Bárbara e Rafael desceram pela trilha do lado do Espírito Santo, caminhando por  $12,5km$ , chegando à Portaria/ES do parque, localizada a  $1.400m$  de altitude. Os amigos resolveram comparar o Trabalho realizado pela Força Peso de Lucas e Bárbara, pois ambos possuem a massa de  $50kg$ .

Considerando  $g = 10 m/s^2$ , leia as análises dos amigos.

**Lívia:** O Trabalho realizado por Bárbara e Lucas foi igual.

**Igor:** Lucas realizou um Trabalho de  $9,46 \times 10^5 J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $7,46 \times 10^5 J$ .

**Lucas:** Lucas realizou um Trabalho de  $6,45 \times 10^6 J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $6,25 \times 10^6 J$ .

**Bárbara:** Lucas realizou um Trabalho de  $6,45 \times 10^3 J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $6,25 \times 10^3 J$ .

**Rafael:** Lucas realizou um Trabalho de  $5,00 \times 10^5 J$  e Bárbara realizou um Trabalho de  $7,00 \times 10^5 J$ .

A resposta CORRETA foi a de:

Quadro 21 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 12.

Alternativas	Justificativas	
a) Igor.	$\tau_P = P \cdot \Delta h \cdot \cos(\theta)$ $\tau_P = m \cdot g \cdot (h_i - h_f) \cdot (1)$ $\tau_P = 50 \cdot 10 \cdot (2.892 - 1.000)$ $\tau_P = 946.000$ $\Rightarrow \tau_P = 9,46 \times 10^6 J$	$\tau_P = P \cdot \Delta h \cdot \cos(\theta)$ $\tau_P = m \cdot g \cdot (h_i - h_f) \cdot (1)$ $\tau_P = 50 \cdot 10 \cdot (2.892 - 1.400)$ $\tau_P = 746.000$ $\Rightarrow \tau_P = 7,46 \times 10^6 J$
b) Lucas.	<p>O trabalho de uma força é:</p> $\tau = F \cdot \Delta S$ <p>O aluno pode desconsiderar o <math>\cos(\theta)</math> e tomar como <math>\Delta S</math> a distância percorrida.</p> $\tau = F \cdot \Delta S \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot \Delta S$ $\tau = 50 \cdot 10 \cdot 12.900$ $\tau = 6.450.000 \Rightarrow \tau = 6,45 \times 10^6 J$	<p>O trabalho de uma força é:</p> $\tau = F \cdot \Delta S$ <p>O aluno pode desconsiderar o <math>\cos(\theta)</math> e tomar como <math>\Delta S</math> a distância percorrida.</p> $\tau = F \cdot \Delta S \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot \Delta S$ $\tau = 50 \cdot 10 \cdot 12.500$ $\tau = 6.250.000 \Rightarrow \tau = 6,25 \times 10^6 J$

c) Bárbara.	<p>O trabalho de uma força é:</p> $\tau = F \cdot \Delta S$ <p>O aluno pode desconsiderar o <math>\cos(\theta)</math> e tomar como <math>\Delta S</math> a distância percorrida, mas sem converter de quilometro para metro.</p> $\tau = F \cdot \Delta S \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot \Delta S$ $\tau = 50 \cdot 10 \cdot 12,9$ $\tau = 6.450 \Rightarrow \tau = 6,45 \times 10^3 J$	<p>O trabalho de uma força é:</p> $\tau = F \cdot \Delta S$ <p>O aluno pode desconsiderar o <math>\cos(\theta)</math> e tomar como <math>\Delta S</math> a distância percorrida, mas sem converter de quilometro para metro.</p> $\tau = F \cdot \Delta S \Rightarrow \tau = m \cdot g \cdot \Delta S$ $\tau = 50 \cdot 10 \cdot 12,5$ $\tau = 6.250 \Rightarrow \tau = 6,25 \times 10^3 J$
d) Rafael.	<p>O aluno pode confundir o trabalho da força peso para descer com a energia potencial gravitacional no final do trajeto.</p> $E_{PG} = m \cdot g \cdot h$ $E_{PG} = 50 \cdot 10 \cdot 1.000$ $E_{PG} = 500.000$ $E_{PG} = 5,00 \times 10^5 J$	<p>O aluno pode confundir o trabalho da força peso para descer com a energia potencial gravitacional no final do trajeto.</p> $E_{PG} = m \cdot g \cdot h$ $E_{PG} = 50 \cdot 10 \cdot 1.400$ $E_{PG} = 700.000$ $E_{PG} = 7,00 \times 10^5 J$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2016 (adaptado).

**Questão IF 13 (2016/01):** Uma partícula é lançada verticalmente para cima de uma altura  $h$  em relação ao solo. Após o lançamento, a partícula atinge sua altura máxima e retorna passando pelo mesmo ponto de lançamento.

Em relação a esse sistema, é CORRETO afirmar que o trabalho realizado pela força peso durante todo o trajeto descrito acima é:

Quadro 22 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 13.

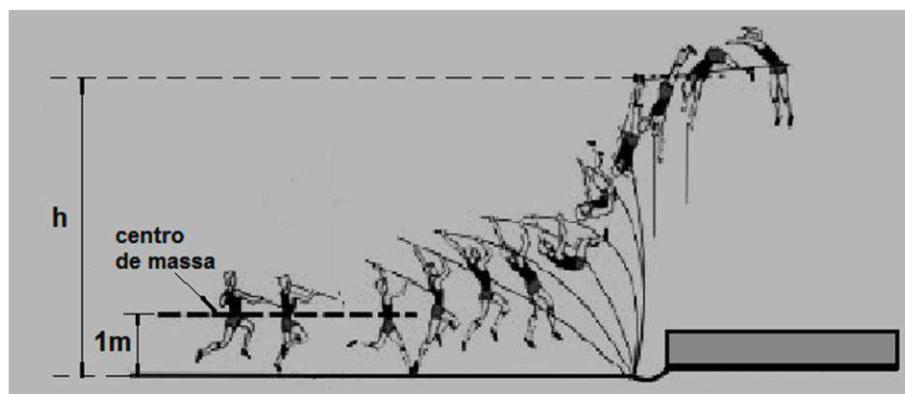
Alternativas	Justificativas
a) negativo na subida e positivo na descida.	<p>O trabalho de uma força é:</p> $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ <p>Na subida, a força é contrária ao deslocamento, portanto, <math>\theta = 180^\circ</math></p> $\tau_{subida} = m \cdot g \cdot h \cdot \cos(180^\circ)$ $\tau_{subida} = -mgh$ <p>Na descida, a força tem o mesmo sentido do deslocamento, portanto, <math>\theta = 0^\circ</math></p> $\tau_{descida} = m \cdot g \cdot h \cdot \cos(0^\circ)$ $\tau_{descida} = mgh$
b) positivo na subida e negativo na descida.	<p>O aluno pode acreditar que pelo fato do corpo estar subindo e aumentando sua energia potencial gravitacional, o trabalho da força peso é positivo na subida.</p> <p>Pela mesma linha de raciocínio, o aluno concluiria que quando o corpo está caindo, sua energia potencial gravitacional está diminuindo, por isso o trabalho seria negativo.</p>
c) nulo na subida e negativo na descida.	<p>Como a força peso só aponta para baixo, ela não contribui para o corpo subir, assim, o trabalho na subida seria nulo.</p> <p>Quando o corpo está caindo, sua energia potencial gravitacional está diminuindo, por isso o trabalho seria negativo.</p>

d) positivo na subida e nulo na descida.	O aluno pode acreditar que pelo fato do corpo estar subindo e aumentando sua energia potencial gravitacional, o trabalho da força peso é positivo na subida. Como o a altura que o corpo cai é a mesma que foi lançado, o aluno pode analisar todo o movimento e considerar que o deslocamento foi zero, acreditando que na descida, a força peso zeraria o trabalho.
--	--

Fonte: Exame de seleção do IF de 2016 (adaptado).

**Questão IF 14 (2016/02):** Neste ano, acontecerão os Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. Uma das modalidades na qual o Brasil poderá ganhar medalha será o salto com vara feminino, pois a atleta brasileira Fabiana Murer foi medalha de prata no último Mundial de Atletismo, realizado em Pequim. No salto com vara, a atleta, após uma corrida de alguns metros, se lança para cima, com auxílio de uma vara, a fim de transpor um obstáculo situado a uma certa altura, como ilustra a figura a seguir.

Figura 86 – Ilustração de um atleta executando salto com vara.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2016.

Suponha que, no instante em que a atleta se lança, a sua velocidade seja de  $8,0\text{m/s}$  e que a sua energia mecânica, nesse instante, seja igual a sua energia mecânica ao atingir a altura máxima. Faça uma estimativa da altura máxima  $h$  atingida pela atleta, considerando que toda a sua massa esteja concentrada no seu centro de massa e que, no instante do salto, estava a uma altura  $1,0\text{m}$  do solo. Considere:  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

Quadro 23 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 14.

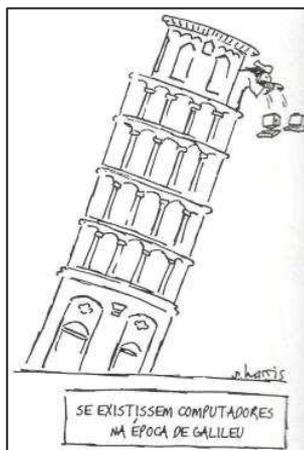
Alternativas	Justificativas
a) 4,2m	<p>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 1 + \frac{8^2}{2} = 10 \cdot h_f + \frac{0^2}{2}$ $h_f = \frac{10 + 32}{10} \Rightarrow \boxed{h_f = 4,2m}$
b) 3,2m	<p>O aluno desconsidera a altura inicial de 1,0m, tomando-a como 0m.</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 0 + \frac{8^2}{2} = 10 \cdot h_f + \frac{0^2}{2}$ $h_f = \frac{32}{10} \Rightarrow \boxed{h_f = 3,2m}$
c) 5,0m	<p>O aluno tomar a velocidade inicial com o valor da aceleração da gravidade:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 0 + \frac{10^2}{2} = 10 \cdot h_f + \frac{0^2}{2}$ $h_f = \frac{50}{10} \Rightarrow \boxed{h_f = 5,0m}$
d) 5,2m	<p>O aluno aplica corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $10 \cdot 1 + \frac{8^2}{2} = 10 \cdot h_f + \frac{0^2}{2}$ $h_f = \frac{10 + 32}{10} \Rightarrow h_f = 4,2m$ <p>Contudo, ele reconsidera a altura de 1,0m do centro de massa e adiciona esta distância ao valor encontrado:</p> $h_f = 4,2 + 1,0 \Rightarrow h_f = 5,2m$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2016 (adaptado).

**Questão IF 15 (2017/01):** A charge a seguir, do artista americano Sidney Harris, ilustra uma experiência atribuída à Galileu Galilei (1564-1642) na Torre de Pisa, na Itália, na qual ele abandona do alto da torre dois corpos de massas distintas. Apesar de não haver nenhum

registro histórico sobre essa experiência e de, provavelmente, não ter acontecido, ela se tornou muito conhecida para descrever o caráter experimental do italiano.

Figura 87 – Ilustração do artista americano Sidney Harris



Fonte: Harris (2007 *apud* COPESE, 2013)

Sobre a experiência, desconsiderando a resistência do ar, é CORRETO afirmar que:

Quadro 24 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 15.

Alternativas	Justificativas
a) se houvesse realizado a experiência, Galileu observaria que os corpos chegariam ao chão juntos, mas com velocidades diferentes.	O aluno pode trazer algumas concepções aristotélicas acerca da queda dos objetos, o que pode levá-lo a acreditar que esta é uma alternativa correta.
<b>b) ela demonstraria que corpos de massas diferentes, quando abandonados de uma mesma altura, atingem, simultaneamente, o chão, com as mesmas velocidades.</b>	<p><b>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</b></p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ <p>Como os corpos são abandonados repouso e a altura de referência final é zero:</p> $m \cdot g \cdot h_i + \frac{m \cdot 0^2}{2} = m \cdot g \cdot 0 + \frac{m \cdot v_f^2}{2}$ $v_f = \sqrt{2gh_i}$ <p><b>Ou seja, não há dependência da massa nesse experimento quando desconsideramos a resistência do ar, que significa dizer que há conservação da energia mecânica.</b></p>
c) ela demonstraria que os corpos em queda possuem acelerações proporcionais a suas massas.	O aluno pode não fazer a distinção entre peso e aceleração. O peso é a força que os corpos são atraídos pela Terra; como o corpo mais pesado é atraído com mais força, o aluno pode entender que sua aceleração é maior.

d) ela demonstraria que o corpo de maior massa chegaria ao chão primeiro e com maior velocidade do que o corpo de menor massa.	Muitas das vezes o aluno tem dificuldade de aceitar que corpos com massas diferentes possam ter a mesma aceleração. Ainda trazem em si uma concepção aristotélica da queda dos objetos.
--	---

Fonte: Exame de seleção do IF de 2017 (adaptado).

**Questão IF 16 (2018/01):** As empilhadeiras (Figura 88) são veículos usados em algumas empresas. Talvez você já tenha visto uma dessas em supermercados atacadistas, onde elas são usadas para acomodar paletes com produtos em prateleiras que podem atingir  $7m$  de altura. Considere que a empilhadeira eleva um certo palete com  $900kg$  de refrigerante em um movimento retilíneo uniforme a  $5m$  de altura do chão. Em seguida, desloca-se horizontalmente por  $3m$  e deposita o palete numa prateleira. Marque a alternativa CORRETA quanto à força que a empilhadeira aplica no palete durante o movimento de subida, com velocidade constante, e o trabalho realizado por essa força no deslocamento de  $3m$ . Considere a aceleração da gravidade  $10 m/s^2$ .

Figura 88 – A empilhadeira.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2018. Disponível em: <  
<http://vagasabertas.org/curso-operador-de-empilhadeira-senai-rj.html>>. Acesso em: 08 set. 2017

Quadro 25 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 16.

Alternativas	Justificativas
a) A força que a empilhadeira aplica é maior que o peso do palete e o trabalho realizado é de $2,7 \times 10^4 J$ .	<p>O trabalho de uma força é:  <math>\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)</math>            Como a força <math>F = P</math>:  <math>\tau = mg \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)</math>            Mas o aluno não leva em consideração que a força é perpendicular ao deslocamento  <math>\tau = 900 \cdot 10 \cdot 3</math>  <math>\tau = 27.000</math>  <math>\tau = 2,7 \times 10^4 J</math></p>
	<p>O aluno pode acreditar que a força é maior que o peso pelo fato do corpo estar subindo.</p>

b) A força que a empilhadeira aplica é maior que o peso do palete e o trabalho realizado é nulo.	O aluno pode acreditar que a força é maior que o peso pelo fato do corpo estar subindo.	O trabalho de uma força é: $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ Como o deslocamento é na horizontal e a força é vertical, $\theta = 90^\circ$ $\tau = F \cdot 3 \cdot \cos(90^\circ)$ $\tau = F \cdot 3 \cdot 0 \Rightarrow \tau = 0$
c) A força que a empilhadeira aplica é igual ao peso do palete e o trabalho realizado é nulo.	$F_R = ma$ <b>Como o corpo é erguido com velocidade constante, a aceleração é nula, logo, a força resultante é nula:</b> $F - P = m \times 0$ $F - P = 0 \Rightarrow F = P$	<b>O trabalho de uma força é:</b> $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ <b>Como o deslocamento é na horizontal e a força é vertical, <math>\theta = 90^\circ</math></b> $\tau = F \cdot 3 \cdot \cos(90^\circ)$ $\tau = F \cdot 3 \cdot 0 \Rightarrow \tau = 0$
d) A força que a empilhadeira aplica é igual ao peso do palete e o trabalho realizado é de $2,7 \times 10^4 J$ .	$F_R = ma$ Como o corpo é erguido com velocidade constante, a aceleração é nula, logo, a força resultante é nula: $F - P = m \times 0$ $F - P = 0 \Rightarrow F = P$	O trabalho de uma força é: $\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ Como a força $F = P$ : $\tau = mg \cdot \Delta S \cdot \cos(\theta)$ Mas o aluno não leva em consideração que a força é perpendicular ao deslocamento $\tau = 900 \cdot 10 \cdot 3$ $\tau = 27.000$ $\tau = 2,7 \times 10^4 J$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2018 (adaptado).

**Questão IF 17 (2018/01):** Há poucos anos, as lâmpadas que iluminavam as residências dos brasileiros eram predominantemente incandescentes. Esse tipo de lâmpada emite luz devido à alta temperatura que o filamento atinge. Nos últimos anos, vimos a substituição dessas lâmpadas pelas fluorescentes, que emitem luz ultravioleta, cuja frequência não é visível. Entretanto, essas lâmpadas são revestidas internamente com um material que transforma a luz UV em luz visível. A maior desvantagem dessas lâmpadas é o fato de terem mercúrio e fósforo na composição. Esses elementos são altamente poluentes. Atualmente essas lâmpadas estão sendo substituídas por lâmpadas de LED (Diodo emissor de luz) em que a transformação de energia elétrica em luz ocorre na matéria em estado sólido. Ao adquirir uma lâmpada de LED nota-se em sua embalagem a seguinte informação (Figura 89):

Figura 89 – A embalagem da lâmpada.



Fonte: Exame de seleção do IF de 2018. Disponível em: <<https://www.led24horas.com.br/bulbo/lampada-led-9w-bulbo-lolalux-branco-frio/>>. Acesso em: 08 set. 2017.

Marque a alternativa CORRETA, considerando as informações da embalagem.

Quadro 26 – Resolução com o comparativo de rendimento entre duas lâmpadas.

Esta questão diz respeito a eficiência energética. Ela pode ser analisada com base no rendimento que a lâmpada possui em termos de sua potência útil ( $P_U$ ) e potência consumida ( $P_C$ ).

$$\eta = \frac{P_U}{P_C}$$

A potência útil é referente à luminosidade que a lâmpada proporciona. Pela Figura 89, podemos concluir que todas as lâmpadas oferecem a mesma iluminação, umas consumindo mais energia, outras menos, mas ainda sim a mesma luminosidade.

Para se comparar a eficiência, basta dividir um rendimento pela outro:

$$\eta_{1,2} = \frac{P_{U1}/P_{C1}}{P_{U2}/P_{C2}} = \frac{P_{U1}}{P_{C1}} \times \frac{P_{C2}}{P_{U2}}$$

Como a potência útil é a mesma:

$$\eta_{1,2} = \frac{P_{C2}}{P_{C1}}$$

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 27 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 17.

Alternativas	Justificativas
a) A lâmpada de LED utiliza 36% menos energia elétrica do que a lâmpada fluorescente.	$\eta_{F,L} = \frac{P_{CL}}{P_{CF}} = \frac{9W}{25W} = 0,36$ <p>O aluno pode entender que esse valor encontrado é referente a economia de uma lâmpada em relação a outra, e não a proporção de consumo de uma para outra. Se a LED consome 36% de uma fluorescente, o consumo dela é 64% a menos.</p>

b) A lâmpada de LED consome menos energia por segundo que as demais lâmpadas.	A potência pode ser entendida como a rapidez que um tipo de energia é convertido em outro tipo de energia. No caso da lâmpada, seria a rapidez que a energia elétrica é convertida em energia luminosa e térmica, devido aos processos de perdas. A lâmpada de LED tem uma potência de $9W$ , que significa dizer que a cada segundo ela consome $9J$ . A lâmpada fluorescente tem uma potência de $25W$ , que significa dizer que a cada segundo ela consome $25J$ . A lâmpada incandescente tem uma potência de $75W$ , que significa dizer que a cada segundo ela consome $75J$ .
c) A lâmpada incandescente ilumina mais que as outras lâmpadas.	O aluno pode pensar que pelo fato da potência da incandescente possuir uma potência maior, sua luminosidade também seria maior.
d) As três lâmpadas dissipam a mesma potência que é $110V$ .	Na embalagem há a especificação $AC\ 110V - 220V$ , o aluno pode acreditar que esse valor é referente à potência.

Fonte: Exame de seleção do IF de 2018 (adaptado).

**Questão IF 18 (2018/02):** Com a necessidade cada vez maior de economizarmos energia elétrica, faz-se necessária a compra de eletrodomésticos cada vez mais eficientes. Por exemplo, podemos trocar nossas lâmpadas florescentes por lâmpadas de LED que apresentam uma eficiência energética maior. Pensando assim, Sr. Paulo resolveu mudar as 8 lâmpadas de sua casa pelo modelo mais econômico, cada lâmpada nova apresentava, em sua embalagem, a seguinte descrição:  $120V - 10W$ . Em média, as 8 lâmpadas ficam ligadas durante 2 horas por dia cada uma. Considerando que um mês tem 30 dias, a alternativa CORRETA que representa o gasto, em reais, com a utilização dessas novas lâmpadas é:

Considere o preço do  $kWh$ , na casa do Sr. Paulo, como sendo de  $R\$0,50$ .

Quadro 28 – Alternativas e justificativas para a Questão IF 18.

Alternativas	Justificativas
a) $R\$28,80$	<p>O aluno pode confundir potência com tensão</p> $E = P \times t \Rightarrow E = \underbrace{(8 \times 120)}_{\substack{8 \text{ lâmpadas} \\ \text{de } 10W-120V}} \times \underbrace{(2 \times 30)}_{\substack{2 \text{ horass} \\ \text{por dia}}}$ $E = 57.600Wh \Rightarrow E = 57,6kWh$ <p>Cada <math>kWh = R\\$0,50</math></p> $\therefore Valor_{\text{pago}} = 57,6 \times 0,50 \Rightarrow \boxed{Valor_{\text{pago}} = R\$28,80}$

b) R\$14,40	<p>O aluno pode confundir potência com tensão e ainda se esquecer de levar em consideração que a lâmpada fica ligada duas horas por dia:</p> $E = P \times t \Rightarrow E = \underbrace{(8 \times 120)}_{\substack{8 \text{ lâmpadas} \\ \text{de } 10W-120V}} \times \underbrace{(30)}_{\substack{30 \text{ dias} \\ \text{no mês}}}$ $E = 28.800Wh \Rightarrow E = 28,8kWh$ <p>Cada kWh = R\$0,50</p> $\therefore \text{Valor}_{\text{pago}} = 28,8 \times 0,50 \Rightarrow \boxed{\text{Valor}_{\text{pago}} = R\$14,40}$
c) R\$8,00	$E = P \times t \Rightarrow E = \underbrace{(8)}_{\substack{8 \text{ lâmpadas} \\ \text{de } 10W}} \times \underbrace{(2)}_{\substack{2 \text{ horass} \\ \text{por dia}}}$ <p>O aluno pode não levar em conta que são 10 lâmpada e que ficam ligadas por 30 dias.</p> $E = 160Wh$ <p>Cada kWh = R\$0,50, mas o aluno não leva em consideração q esse é o valor do kWh e multiplica direto pela energia encontrada</p> $\therefore \text{Valor}_{\text{pago}} = 16 \times 0,50 \Rightarrow \boxed{\text{Valor}_{\text{pago}} = R\$8,00}$
d) R\$2,40	$E = P \times t \Rightarrow E = \underbrace{(8 \cdot 10)}_{\substack{8 \text{ lâmpadas} \\ \text{de } 10W}} \times \underbrace{(2 \times 30)}_{\substack{2 \text{ horas por} \\ \text{dia no mês}}}$ $E = 4.800Wh \Rightarrow E = 4,8kWh$ <p>Cada kWh = R\$0,50 <math>\therefore \text{Valor}_{\text{pago}} = 4,8 \times 0,50</math></p> $\boxed{\text{Valor}_{\text{pago}} = R\$2,40}$

Fonte: Exame de seleção do IF de 2018 (adaptado).

---

**Questão IF 19 (2019/01):** Uma pessoa de 63kg que se encontrava na sacada de um prédio, por algum descuido, se desequilibrou e caiu do 3º andar (cada andar equivale a 2,8metros). Por milagre, ela sofreu apenas algumas luxações pelo corpo ao tocar no solo, fato ocorrido devido a alguns amortecimentos que ela possivelmente sofreu durante sua queda. O fato é que, se ela não tivesse sofrido esses amortecimentos, provavelmente os danos seriam maiores. Ao fazermos uma estimativa de sua energia mecânica e de sua velocidade ao chegar ao solo, caso não tivesse sido amortecida, (desprezando as forças dissipativas), encontraríamos um valor próximo respectivamente de:

Considere o valor da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Quadro 29 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 19.

Alternativas	Justificativas	
<p>a) 5.292J e <math>\sqrt{168} \text{ m/s}</math></p>	<p>Quando a pessoa cai do 3º andar, sua energia mecânica é definida por:</p> $E_M = E_{PG} = mgh$ <p>Não há energia cinética, pois, a pessoa cai como se fosse um corpo abandonado do repouso. Assim, sua velocidade inicial é zero.</p> $E_M = 63 \times 10 \times \underbrace{(3 \times 2,8)}_{3 \text{ andares}}$ $E_M = 5.292J$	<p>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ <p>Como a pessoa cai a partir do repouso e a altura de referência final é zero:</p> $v_f = \sqrt{2gh_i} \Rightarrow \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \underbrace{(3 \times 2,8)}_{3 \text{ andares}}}$ $v_f = \sqrt{168} \Rightarrow v_f \cong 13 \text{ m/s}$
<p>b) 1.764J e <math>\sqrt{56} \text{ m/s}</math>.</p>	<p>Quando a pessoa cai do 3º andar, sua energia mecânica é definida por:</p> $E_M = E_{PG} = mgh$ <p>Não há energia cinética, pois, a pessoa cai como se fosse um corpo abandonado do repouso. Assim, sua velocidade inicial é zero, mas o aluno se esquece de levar em consideração que são 3 andares.</p> $E_M = 63 \times 10 \times 2,8$ $E_M = 1.764J$	<p>Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ <p>O aluno considera corretamente que a pessoa cai a partir do repouso, mas deixa de levar em conta que são 3 andares. Como a pessoa cai a partir do repouso e a altura de referência final é zero:</p> $v_f = \sqrt{2gh_i} \Rightarrow \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,8}$ $v_f = \sqrt{56} \Rightarrow v_f \cong 7,48 \text{ m/s}$
<p>c) 5.292J e <math>84 \text{ m/s}</math>.</p>	<p>Quando a pessoa cai do 3º andar, sua energia mecânica é definida por:</p> $E_M = E_{PG} = mgh$ <p>Não há energia cinética, pois, a pessoa cai como se fosse um corpo abandonado do repouso. Assim, sua velocidade inicial é zero.</p> $E_M = 63 \times 10 \times \underbrace{(3 \times 2,8)}_{3 \text{ andares}}$ $E_M = 5.292J$	<p>O aluno compreende corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $gh_i = \frac{v_f^2}{2}$ <p>Contudo, não sabe corretamente as propriedades da potenciação e simplifica o expoente 2 com o denominador 2:</p> $v_f = gh_i \Rightarrow v_f = 10 \times \underbrace{(3 \times 2,8)}_{3 \text{ andares}}$ $v_f = 84 \text{ m/s}$

d) $1.890J$ e $\sqrt{60} m/s$ .	<p>Quando a pessoa cai do 3º andar, sua energia mecânica é definida por:</p> $E_M = E_{PG} = mgh$ <p>Não há energia cinética, pois, a pessoa cai como se fosse um corpo abandonado do repouso. Assim, sua velocidade inicial é zero, mas o aluno se esquece de leva em consideração que a altura como 3 metros.</p> $E_M = 63 \times 10 \times 3$ $E_M = 1.890J$	<p>O aluno compreende corretamente o princípio da conservação da energia mecânica:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $mgh_i + \frac{mv_i^2}{2} = mgh_f + \frac{mv_f^2}{2}$ $gh_i = \frac{v_f^2}{2} \Rightarrow v_f = \sqrt{2gh_i}$ <p>Contudo, como ele levou em consideração a altura como 3m, por ser esse o número de andares, a conta fica:</p> $v_f = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3} \Rightarrow v_f = \sqrt{60}$
---------------------------------	--	---

Fonte: Exame de seleção do IF de 2019 (adaptado).

**Questão IF 20 (2019/02):** O funcionário de uma empresa especializada em limpeza de janelas de prédios está trabalhando do lado externo de um prédio, efetuando a limpeza das janelas. Para esse trabalho externo, o funcionário está usando todos os equipamentos de segurança necessários e também está equipado com todo o material de limpeza que será usado. Em um momento de descuido, o trabalhador deixa cair, a partir do repouso, uma garrafa de plástico, contendo água, com massa de  $0,5kg$  (quilogramas) de uma altura de  $40metros$ . Considerando que a aceleração da gravidade no local seja  $10 m/s^2$  (metros por segundo quadrado), desprezando os efeitos da resistência do ar e o formato da garrafa, a energia potencial gravitacional da garrafa no topo do prédio e sua energia cinética ao chegar ao solo são respectivamente:

Quadro 30 – Alternativas e justificativas para o Questão IF 20.

Alternativas	Justificativas	
a) $400joules$ e $400joules$ .	<p>O aluno não leva em consideração a massa do objeto.</p> $E_{PG} = gh$ $E_{PG} = 10 \times 40$ $E_{PG} = 400J$	<p>O aluno compreende o princípio da conservação de energia, mas como não encontrou o valor correto para a potencial gravitacional, encontra o valor errado para a energia cinética:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ $\therefore E_{PG_i} = E_{C_f}$ <p>Desse modo: <math>E_{C_f} = 400J</math></p>

b) 200joules e 200joules.	$E_{PG} = mgh$ $E_{PG} = 0,5 \times 10 \times 40$ $E_{PG} = 200J$	<p>Pelo princípio da conservação de energia:</p> $E_{M_i} = E_{M_f}$ <p>No início há apenas <math>E_{PG}</math> e no final apenas <math>E_C</math></p> $\therefore E_{PG_i} = E_{C_f}$ <p>Desse modo: <math>E_{C_f} = 200J</math></p>
c) 200joules e 0joules.	<p>Uma possibilidade de raciocínio para essa alternativa é aluno ter calculado a energia potencial gravitacional e a energia cinética, respectivamente, apenas na altura máxima.</p> $E_{PG} = mgh$ $E_{PG} = 0,5 \times 10 \times 40$ $E_{PG} = 200J$ $E_C = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,5 \times 0^2}{2}$ $E_C = 0J$	<p>Outra possibilidade para o aluno encontrar a energia cinética como zero é considerar que a velocidade de um corpo quando bate no chão é zero. Muitos alunos consideram a velocidade do corpo após o impacto.</p> $E_{M_f} = E_{C_f} = \frac{mv_f^2}{2}$ <p>Se a velocidade for zero:</p> $E_{C_f} = 0J$
d) 0joules e 200joules.	O aluno calcula a energia cinética e a energia potencial, respectivamente, apenas na altura máxima.	

Fonte: Exame de seleção do IF de 2019 (adaptado).

## ANEXO A – Conteúdo programático do IF Sudeste

Conteúdo programático do IF Sudeste

O conteúdo programático de Física para processo seletivo do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais se encontra dentro de da Matriz de Referência de Ciências e é descrito do item 10 ao item 18. Mostramos abaixo a tabela publicada pela Comissão de Processos Seletivos (COPESE) que descreve os temas abordados.

Quadro 31 – Matriz de Referência do conteúdo de Física.

<p><b>10- INTRODUÇÃO À FÍSICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas métricos</li> <li>- Notação científica e ordem de grandeza</li> <li>- Operações com algarismos significativos</li> <li>- Regras de arredondamento</li> <li>- Relações de proporcionalidade entre grandezas Físicas</li> <li>- Conversão de unidades de medida</li> <li>- Funções, gráficos e escalas</li> </ul>	<p><b>22.</b> Diferenciar os principais sistemas métricos e aplicar as regras de conversão de unidades de medida de grandezas Físicas.</p> <p><b>23.</b> Expressar medidas de grandezas Físicas em notação científica e estimar corretamente a ordem de grandeza associada.</p> <p><b>24.</b> Efetuar operações com algarismos significativos, com base nas regras de arredondamento.</p> <p><b>25.</b> Utilizar relações de proporcionalidade entre grandezas Físicas.</p> <p><b>26.</b> Interpretar e relacionar funções, gráficos e escalas.</p>
<p><b>11 – MOVIMENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandezas escalares e vetoriais</li> <li>- Ponto material - Repouso e movimento em diferentes referenciais inerciais</li> <li>- Trajetória, posição, espaço percorrido e deslocamento</li> <li>- Velocidade média e movimento retilíneo uniforme</li> <li>- Aceleração média e movimento retilíneo uniformemente variado</li> </ul>	<p><b>27.</b> Distinguir estados de movimento e repouso de um ponto material em relação a um sistema de referência.</p> <p><b>28.</b> Diferenciar grandezas escalares e vetoriais.</p> <p><b>29.</b> Aplicar os conceitos de velocidade média, movimento uniforme, aceleração média e movimento uniformemente variado à resolução de situações-problema.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceleração da gravidade terrestre e lançamentos verticais</li> </ul>	<p><b>30.</b> Efetuar cálculos envolvendo a aceleração da gravidade terrestre.</p> <p><b>31.</b> Relacionar os conhecimentos sobre movimento retilíneo uniformemente variado aos lançamentos verticais, desprezando as forças dissipativas, tais como o atrito e a força de resistência do ar</p>
<p>12 – FORÇA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceitos de massa e força</li> <li>- Princípio da Inércia</li> <li>- Princípio Fundamental da Dinâmica</li> <li>- Princípio da Ação e Reação</li> <li>- Peso de um corpo</li> <li>- Força de atrito e força de tração</li> <li>- Diagrama de forças em um sistema de blocos acoplados</li> <li>- Máquinas simples</li> </ul>	<p><b>32.</b> Interpretar os conceitos de massa e força.</p> <p><b>33.</b> Aplicar o Princípio da Inércia, o Princípio Fundamental da Dinâmica e o Princípio da Ação e Reação em situações Físicas do cotidiano.</p> <p><b>34.</b> Comparar e relacionar massa e peso de um corpo.</p> <p><b>35.</b> Efetuar cálculos envolvendo diagrama de forças em um sistema de blocos acoplados.</p> <p><b>36.</b> Explicar o funcionamento de máquinas simples, tais como as alavancas, as roldanas ou polias e a roda denteada.</p>
<p>13 - TRABALHO, POTÊNCIA E ENERGIA MECÂNICA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição de trabalho e potência</li> <li>- Energia cinética e energia potencial gravitacional</li> <li>- Princípio da conservação da energia mecânica</li> <li>- Transformações de energia para sistemas conservativos</li> </ul>	<p><b>37.</b> Explicar os conceitos de trabalho e potência.</p> <p><b>38.</b> Efetuar cálculos envolvendo energia cinética e energia potencial gravitacional.</p> <p><b>39.</b> Aplicar o princípio de conservação da energia mecânica em processos que envolvem transformações de energia, para o caso de sistemas conservativos.</p>
<p>14 – TERMOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definições de temperatura e calor</li> <li>- Equilíbrio térmico</li> </ul>	<p><b>40.</b> Distinguir e relacionar os conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Termômetros e construção de escalas termométricas</li> <li>- Processos de transmissão de calor</li> <li>- Calor específico</li> <li>- Dilatação térmica de sólidos e líquidos</li> <li>- Dilatação anômala da água</li> <li>- Mudanças de estado físico da matéria</li> </ul>	<p><b>41.</b> Efetuar medidas envolvendo conversões entre escalas termométricas.</p> <p><b>42.</b> Distinguir e interpretar as diferentes formas de transmissão do calor.</p> <p><b>43.</b> Realizar cálculos envolvendo o calor específico dos materiais.</p> <p><b>44.</b> Analisar qualitativa e quantitativamente os tipos de dilatação térmica de sólidos e líquidos, bem como a dilatação anômala da água, associando adequadamente suas propriedades.</p> <p><b>45.</b> Reconhecer os conceitos e mecanismos envolvendo mudanças de estado físico da matéria</p>
<p><b>15 – HIDROSTÁTICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definições de densidade e pressão</li> <li>- Pressão atmosférica</li> <li>- Princípios de Stevin e Pascal</li> <li>- Empuxo exercido por fluidos</li> </ul>	<p><b>46.</b> Aplicar as definições de densidade e pressão.</p> <p><b>47.</b> Analisar a influência da pressão atmosférica em situações do cotidiano.</p> <p><b>48.</b> Efetuar cálculos envolvendo aplicações dos princípios de Stevin e Pascal, tais como os vasos comunicantes e a prensa hidráulica.</p> <p><b>49.</b> Explicar o princípio do empuxo exercido por fluidos.</p>

<p>16 – ONDAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Características de ondas unidimensionais: comprimento de onda, período, frequência, amplitude e velocidade</li> <li>- Classificação das ondas</li> <li>- Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração e interferência</li> <li>- Ondas sonoras</li> <li>- Qualidades fisiológicas do som</li> <li>- Formação do eco</li> </ul>	<p><b>50.</b> Relacionar as características das ondas unidimensionais, tais como comprimento de onda, período, frequência, amplitude e velocidade.</p> <p><b>51.</b> Distinguir ondas mecânicas e eletromagnéticas quanto às propriedades.</p> <p><b>52.</b> Distinguir ondas transversais e longitudinais quanto às propriedades.</p> <p><b>53.</b> Identificar os principais fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração e interferência das ondas.</p> <p><b>54.</b> Definir uma onda sonora e analisar seu processo de propagação.</p> <p><b>55.</b> Diferenciar e analisar as características das qualidades fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre.</p> <p><b>56.</b> Explicar as condições de formação do eco.</p>
<p>17- ÓPTICA GEOMÉTRICA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Princípios fundamentais da óptica geométrica</li> <li>- Feixes de luz, fontes de luz e meios de propagação da luz</li> <li>- Velocidade da luz em diferentes meios materiais</li> <li>- Cor de um corpo</li> <li>- Leis da reflexão da luz</li> <li>- Espelhos planos e esféricos</li> <li>- Leis da refração da luz</li> <li>- Lentes convergentes e divergentes</li> <li>- Formação de imagens em espelhos e lentes</li> <li>- Decomposição da luz branca</li> </ul>	<p><b>57.</b> Interpretar os princípios fundamentais da óptica geométrica, tais como o princípio de propagação retilínea da luz, o princípio da independência dos raios de luz e o princípio da reversibilidade dos raios luminosos.</p> <p><b>58.</b> Classificar os tipos de feixes de luz, os tipos de fontes de luz e os tipos de meios de propagação dos raios luminosos.</p> <p><b>59.</b> Aplicar as leis da reflexão da luz na construção de imagens em espelhos planos e esféricos.</p> <p><b>60.</b> Aplicar as leis da refração da luz na formação de imagens em lentes convergentes e divergentes.</p>

	<p><b>61.</b> Analisar processos de decomposição da luz branca.</p>
<p>18 - ELETRICIDADE E MAGNETISMO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interação entre cargas elétricas</li> <li>- Processos de eletrização</li> <li>- Condutores e isolantes elétricos</li> <li>- Diferença de potencial</li> <li>- Corrente elétrica</li> <li>- Resistência elétrica</li> <li>- Circuitos elétricos simples</li> <li>- Ímãs e propriedades magnéticas</li> <li>- Magnetismo terrestre</li> <li>- Efeitos magnéticos gerados por corrente elétrica e eletroímãs</li> </ul>	<p><b>62.</b> Interpretar os mecanismos de interação entre cargas elétricas.</p> <p><b>63.</b> Distinguir entre os principais processos de eletrização: atrito, contato e indução eletrostática.</p> <p><b>64.</b> Diferenciar condutores e isolantes elétricos.</p> <p><b>65.</b> Aplicar os conceitos de diferença de potencial, corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica à resolução de situações problemas.</p> <p><b>66.</b> Analisar circuitos elétricos simples (série, paralelo e misto).</p> <p><b>67.</b> Identificar as principais propriedades magnéticas.</p> <p><b>68.</b> Descrever qualitativamente os efeitos magnéticos gerados pela corrente elétrica.</p> <p><b>69.</b> Analisar as propriedades dos eletroímãs, relacionando-as às utilidades diversas no cotidiano.</p>

Fonte: COPESE (2019).