



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE
PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS
DE ACESSIBILIDADE**

Angelo Araújo de Carvalho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:
Sidnei Pércia da Penha
Alexandre Carlos Tort

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE
PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS
DE ACESSIBILIDADE

Angelo Araújo de Carvalho

Orientadores:
Sidnei Pércia da Penha
Alexandre Carlos Tort

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de
Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr. Sidnei Pércia da Penha (Presidente)

Dr. Deise Miranda Vianna

Dr. Hélio Salim de Amorim

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

C331c Carvalho, Angelo Araújo de

Os conceitos físicos na mobilidade urbana: construção de protótipo de cadeiras de rodas elétricas e uso de rampas de acessibilidade / Angelo Araújo de Carvalho - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2020

xii, 162 f. :il ; 30cm.

Orientador: Sidnei Pércia da Penha.

Coorientador: Alexandre Carlos Tort

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, 2020.

Referências Bibliográficas: f. 80-81.

1. Ensino de Física. 2. Atividades Investigativas. 3. Abordagem CTS. 4. Dinâmica do corpo rígido.
I. Penha, Sidnei Pércia da. II. Tort, Alexandre Carlos.
III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Os conceitos físicos na mobilidade urbana: construção de protótipo de cadeiras de rodas elétricas e uso de rampas de acessibilidade

Dedico esta dissertação aos meus pais, minha filha Gabriela e meus irmãos Wagner e Hugo por sempre incentivarem meus estudos e ajudarem nas minhas escolhas. A minha esposa Meire por seu apoio e incentivo em todos os momentos

Agradecimentos

Agradeço especialmente à minha mãe, meu pai e meus irmãos Wagner e Hugo, por incentivar sempre os meus estudos e acolhendo minhas decisões.

Agradeço à minha filha que é a maior paixão que tenho nessa vida, Gabriela Carvalho por ser um incentivo para melhorias do futuro e pela compreensão na falta de tempo nas minhas horas vagas.

Agradeço à minha esposa Meire Soares Ribeiro, sempre me incentivando e me dando força nos momentos mais difíceis desta trajetória do mestrado.

Agradeço a um dos orientadores, Tort, pela dedicação durante o processo de orientação. E um agradecimento especial ao orientador Sidnei Pércia por toda dedicação e aprendizado que tive ao seu lado nesse período.

Agradeço aos professores do MPEF pelos ensinamentos durante o curso de mestrado.

Agradeço aos professores Deise Vianna e Hélio Salim por terem aceitado o convite para fazer parte da banca.

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

RESUMO

OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS DE ACESSIBILIDADE

Angelo Araújo de Carvalho

Orientador(es):
Sidnei Pércia da Penha
Alexandre Carlos Tort

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação tem como objetivo principal apresentar e descrever algumas características de uma sequência didática destinada aos estudantes do curso de Física do ensino médio sobre conceitos relacionados à estática do corpo rígido e à cinemática do movimento de rotação com ênfase na abordagem experimental. Com o intuito de promover Alfabetização Científica dos estudantes, utilizou-se uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) sobre a temática da mobilidade urbana: rampas de acessibilidade. Como o número de pessoas com deficiências Física no Brasil, segundo o IBGE 2010, chega a quase 6,7% da população e algumas delas necessitam do uso de cadeira de rodas, propusemos aos estudantes que participassem como projetistas de uma licitação fictícia para construção de cadeiras de rodas elétricas. Os estudantes foram organizados em grupos de 8 alunos e estimulados a pensar na solução das problemáticas apresentadas, tendo que planejar as etapas e as ações que seriam necessárias. Todas as atividades teóricas e experimentais, bem como as simulações computacionais, foram elaboradas segundo os pressupostos teóricos do Ensino por Investigação aliados ao enfoque CTS. Os conceitos científicos surgiam como consequência da busca pelas soluções das atividades. Assim foram propostas atividades que exigiam utilização e entendimento de recursos tecnológicos e conceitos físicos tais como equilíbrio do corpo extenso, centro de massa, movimento circular e torque de uma Força. Esta sequência didática foi aplicada em uma turma regular da primeira série do ensino médio numa escola pública estadual. As respostas dadas pelos grupos de estudantes foram coletadas em registros escritos, sendo posteriormente analisadas. Os resultados desta aplicação indicaram que estas atividades propiciaram um trabalho colaborativo entre os grupos de estudantes e foram potencialmente ricas na promoção de uma interação entre professor e estudantes além de possibilitar aos estudantes uma atuação ativa no planejamento das ações da investigação, na elaboração e teste de hipóteses, e na argumentação com os colegas de grupo e com o professor.

Palavras-chave: Ensino de Física, Atividades Investigativas, Abordagem CTS, Dinâmica do corpo rígido.

Rio de Janeiro
Fevereiro 2020

ABSTRACT

PHYSICAL CONCEPTS IN URBAN MOBILITY: BUILDING PROTOTYPE ELECTRIC WHEELCHAIRS AND USING ACCESSIBILITY RAMPS

Angelo Araújo de Carvalho

Supervisor(s):
Sidnei Pércia da Penha
Alexandre Carlos Tort

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The main purpose of this work is to present and describe some features of a pedagogical sequence aimed at high school students. Though the emphasis is on the experimental approach we also take into account the unavoidable conceptual aspects in our work such as simple rigid body statics and kinematics of a rigid body about a fixed axis of rotation, for instance, torque, kinematics of the circular motion, and the concept of center of mass. We also have in mind the promotion of the scientific literacy of our students and to take into consideration this important aspect of the student's education we chose the Science—Technology—Society approach. With this aim in mind we chose as our theme the problem of the urban mobility, specifically the access to sidewalks, causeways and ramps of wheel chairs. According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) It is estimated that approximately 6.7% of the Brazilian population are physically disable and use wheel chairs on a daily basis, and that is the reason why we proposed to our students the design and simulation of low—cost electric wheel chairs. To this end we asked our students to imagine themselves as participants of a public bidding. Students were organised in groups of eight and in an interactive way we stimulated them to think about the problems and difficulties that they should circumvent in order to carry on with the project. At each step of the project they had to plan and execute the required actions. All steps. theoretical and practical as well as the computer simulations were elaborated according to the rules of the learning by investigation approach combined with the Science—Technology—Society one. As a consequence of the search of solutions the scientific concepts described above gradually emerged along the way. This pedagogical sequence was applied to a regular group of students enrolled in a State of Rio de Janeiro public school in the city of Rio de Janeiro. The student's written answers were later analysed by us. The results indicate the activities stimulated collaboration among the groups and seem to be potentially rich with regard to the student—teacher interaction, and seems to open the way to a real participation in the planning of investigative actions, in the elaboration and testing of hypothesis, and in the discussion of relevant issues between the teacher and the groups of students.

Keywords: Physics Teaching, Investigative Activities, Science—Technology—Society approach. Urban Mobility, Rigid Body Dynamics.

Rio de Janeiro
February, 2020

Sumário

Capítulo 1 - Introdução.....	1
Capítulo 2 - Referencial teórico.....	6
2.1- Alfabetização Científica.....	6
2.2 - Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade- CTS.....	10
2.3 - Ensino por Investigação.....	13
Capítulo 3 - Física de corpos rígidos.....	20
3.1 - Sistema de partículas.....	20
3.2 - Rotações e velocidade angular.....	26
3.3 - Torque.....	29
3.4 - Momento Angular.....	30
3.5 - Momento de Inércia.....	31
3.6 - Torque de um sistema de partículas.....	33
3.7- Momento de inércia de um corpo rígido.....	36
3.8 - Cálculo do momento de inércia.....	37
Capítulo 4 - Aplicação e resultados do Produto Educacional.....	40
4.1 - Encontro I.....	41
4.2 - Licitação das cadeiras de rodas elétricas.....	46
4.3 - Encontro II.....	48
4.4 - Encontro III.....	57
4.4.1 Brincando de Equilibrista.....	57
4.4.2 Tombamento de corpos extensos num plano.....	60
4.5 - Encontro IV.....	61
4.5.1 - Projeto 1: ventilador de 1 velocidade.....	61
4.5.2 - Tipos de equilíbrio.....	63
4.6 - Encontro V.....	64
4.6.1 - Velocidade angular.....	66
4.6.2 - Transmissão de movimento Circular.....	68
4.6.3 - Projeto 3: ventilador de mesa com 3 velocidades.....	70
4.7 - Encontro VI.....	71
4.8 - Encontro VII.....	73
4.9 - Encontro VIII.....	74
Capítulo 5 - Considerações finais.....	77
Referências Bibliográficas.....	80

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1</i> As inter-relações CTS.....	11
<i>Figura 2.2</i> Sequência da estrutura dos materiais de CTS.....	12
<i>Figura 3.1</i> Partículas em interação com outras duas.....	21
<i>Figura 3.2</i> Elemento de Volume.....	24
<i>Figura 3.3</i> CM de distribuição contínua de massa.....	25
<i>Figura 3.4</i> Rotação em torno de um ponto fixo.....	27
<i>Figura 3.5</i> Rotação em torno de um eixo fixo.....	27
<i>Figura 3.6</i> “Regra da mão direita”	27
<i>Figura 3.7</i> Interpretação geométrica.....	28
<i>Figura 3.8</i> Magnitude do produto vetorial.....	28
<i>Figura 3.9</i> Haste rígida com extremidade fixa.....	30
<i>Figura 3.10</i> Disco puxado por um fio.....	31
<i>Figura 3.11</i> Forças internas.....	35
<i>Figura 3.12</i> Anel Circular.....	38
<i>Figura 3.13</i> Disco circular.....	38
<i>Figura 3.14</i> Barra.....	39
<i>Figura 4.1</i> Fachada do CE Stella Matutina.....	40
<i>Figura 4.2</i> Resposta do grupo A para a atividade 1 do encontro I.....	42
<i>Figura 4.3</i> Resposta do grupo B para a atividade 1 do encontro I.....	43
<i>Figura 4.4</i> Atividade proposta aos grupos.....	45
<i>Figura 4.5</i> Resposta dos estudantes para a atividade 2 do encontro I.....	45
<i>Figura 4.6</i> Licitação dos protótipos de cadeiras de rodas elétricas.....	47
<i>Figura 4.7</i> Primeira atividade do Apêndice C.....	48
<i>Figura 4.8</i> Estudantes ligando a lâmpada no primeiro desafio do encontro II.....	49
<i>Figura 4.9</i> Alguns componentes básicos para montagem de um circuito elétrico.....	49
<i>Figura 4.10</i> Circuito 1- ligação simples com interruptor.....	50
<i>Figura 4.11</i> Atividade da montagem de circuito 1.....	50
<i>Figura 4.12</i> Atividade da montagem de circuito 2.....	51
<i>Figura 4.13</i> Respostas do Grupo B para as atividades dos circuitos 1 e 2.....	51
<i>Figura 4.14</i> O circuito 2 montado pelos estudantes.....	52
<i>Figura 4.15</i> Atividade da montagem de circuito 3.....	52

<i>Figura 4.16</i>	<i>A resposta do grupo B para o circuito 3.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 4.17</i>	<i>Atividade da montagem de circuito 4.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4.18</i>	<i>A resposta do grupo B para o circuito 4.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4.19</i>	<i>Questão 2 de papel e lápis.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.20</i>	<i>Questão 1 de papel e lápis.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.21</i>	<i>Questão 4 de papel e lápis.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.22</i>	<i>Prática inicial de equilíbrio do corpo extenso.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.23</i>	<i>Resposta do Grupo C na atividade BRINCANDO DE EQUILIBRISTA.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 4.24</i>	<i>Respostas do grupo C sobre o CG da vassoura.....</i>	<i>59</i>
<i>Foto 4.25</i>	<i>Bloco de madeira.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.26</i>	<i>Respostas do grupo B para a Atividade Tombamento da “cadeira” numa rampa</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.27</i>	<i>Estruturas mecânicas de montagem utilizadas no projeto.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 4.28</i>	<i>Resposta do item b) no Projeto 1: ventilador de mesa com 1 velocidades.63</i>	
<i>Figura 4.29</i>	<i>Ventiladores produzidos pelos grupos.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.30</i>	<i>Desafio proposto aos alunos e suas respectivas conclusões.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 4.31</i>	<i>Resposta do grupo B para a atividade de velocidade angular.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.32</i>	<i>Resposta do grupo A para a atividade de velocidade angular.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.33</i>	<i>Respostas dos grupos A e C para as atividades de movimento circular....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.34</i>	<i>Resposta dos alunos do grupo C para a atividade de frequência e período</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.35</i>	<i>Representação das relações das marchas de uma bicicleta.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.36</i>	<i>Investigando a transmissão do movimento através de polias.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.37</i>	<i>Respostas do grupo B para atividades de transmissão de movimento circular.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.38</i>	<i>Alunos montando o ventilador de 3 velocidades.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.39</i>	<i>Os ventiladores de mesa com 3 velocidades dos grupos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 4.40</i>	<i>Simulador BALANÇANDO no site PHET.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 4.41</i>	<i>Resposta do grupo B para simulação no PHET.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.42</i>	<i>Guindastes finalizados por alguns grupos.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 4.43</i>	<i>Protótipos de cadeiras de rodas elétricas.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.44</i>	<i>Finalização do projeto e entrega de certificados de participação.....</i>	<i>76</i>

Lista de Quadros

Quadro 1 Aspectos do laboratório tradicional e de atividades investigativas	18
Quadro 2 Níveis de investigação no Laboratório de ensino de Ciências	18
Quadro 3 Correspondências entre movimento unidimensional linear e unidimensional rotacional	29
Quadro 4 Transcrição da resposta do grupo A para a atividade 1 do encontro I	42
Quadro 5 Transcrição da resposta do grupo B para a atividade 1 do encontro I	43
Quadro 6 Transcrição da resposta do grupo A	44
Quadro 7 Transcrição da resposta do grupo B	44
Quadro 8: Transcrição da resposta de um dos grupos	46
Quadro 9: Transcrição da resposta de um dos grupos	58
Quadro 10 Parte das competências gerais esperadas ao final da educação básica	66
Quadro 11 Pontuação e classificações dos grupos	75

Lista de Tabelas

<i>Tabela 4.1 Tabela com o planejamento das atividades do projeto</i>	41
---	-----------

Capítulo 1 - Introdução

Os objetivos de Ensino de Ciências, em particular do Ensino de Física, têm sido alvo de debates há algumas décadas. Para Carvalho (2010), durante décadas o ensino estava restrito a uma abordagem tradicional, em que o professor detentor do conhecimento transmitia para seus estudantes, uma visão de Ciência como um produto final acabado, constituído de conceitos, leis e fórmulas. Gaspar (2014) destaca que mesmo as formas de abordagens experimentais ocorridas até meados dos anos 1950 eram basicamente demonstrações experimentais realizadas pelos professores nos quais os estudantes participavam apenas como espectadores. Em seu livro “Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotsky”, Gaspar (op. cit.), descreve algumas características do que hoje chamamos de abordagem tradicional, do ensino de Ciências:

- O professor detinha a autoridade do saber.
- O aluno se mantinha em atitude passiva: dele se exigia exclusivamente e/ou preferencialmente a memorização e a reprodução das palavras do professor ou do livro didático.
- Privilegiava-se o cumprimento do currículo, que obedecia a uma sequência de conteúdos consagrada pelos próprios livros didáticos ou imposta a eles e às escolas por regulamentações oficiais.

Muitos fatores influenciaram a evolução no ensino de Ciências, a começar pelas mudanças ocorridas no mundo ocidental no pós-segunda Guerra Mundial. O projeto Sputnik¹ de 1957 realizado pela então União Soviética (URSS) provocou uma incerteza sobre o ensino *tradicional* no mundo ocidental, principalmente nos Estados Unidos que pareciam ter, até aquele momento, a supremacia científica e tecnológica com os lançamentos das bombas atômicas no Japão no final da Segunda Guerra Mundial. A preocupação com a hegemonia mundial, disputada entre o capitalismo e o socialismo, levou alguns cientistas norte-americanos a perceberem no campo educacional um potencial de influência. Aliado a isso, um sentimento de enorme insatisfação na sociedade, em particular com o ensino de Física nas escolas norte-americanas da época.

¹ Primeiro satélite artificial da Terra, que foi lançado pela então Rússia (URSS)

Em 1956 foi criada uma comissão formada por renomados físicos norte-americanos, o Physical Science Study Committee, conhecido como PSSC². O PSSC estava centrado numa nova proposta de ensino de Física que privilegiava a abordagem experimental e se preocupava com a formação de novos cientistas. Isso fica evidenciado em seu prefácio:

“Ao realizar experiências cujo resultado, de antemão, lhe é desconhecido, fica o aluno tomado por uma sensação de participação pessoal nas descobertas científicas; tornam-se-lhe mais significativas a Ciência e a importância do cientista.”(GASPAR. 2014 apud PSSC v.1, p.213)

O PSSC não teve resultado muito relevante em nenhum dos países em que foi aplicado, como descreve Gaspar.

“Apesar de ter mobilizado por mais quatro anos algumas centenas de pessoas, na maior parte dos professores de Física de colégios e universidades norte-americanas, os resultados do PSSC não foram animadores nem nos EUA nem nos demais países em que foi aplicado – em poucos anos foi abandonado em todos eles, inclusive no Brasil”. (GASPAR, 2014, p.24)

No Brasil a aplicação foi muito restrita, poucos professores tomaram conhecimento do projeto e ficaram confortáveis em aplicá-lo (GASPAR, 2014). Apesar de ter sido abandonado em todos os países em que foi aplicado, este projeto foi desencadeador de diversas reflexões relacionadas às melhorias do Ensino de Física e o posterior surgimento de novos projetos.

Um destes novos projetos que surgiram foi o Harvard (Harvard Project Physics), lançado em 1975 também nos EUA (GASPAR, 2014). Existiam semelhanças entre os projetos PSSC e Harvard, porém o projeto Harvard adotava um enfoque mais humanista, voltado para alunos “não físicos”. Ele foi produzido com participações de historiadores, filósofos da Ciência, psicólogos, dentre outros profissionais. Segundo Gaspar (op. cit.), o projeto Harvard só funcionou bem nos EUA, quando havia treinamento dos professores, principalmente para a abordagem contextual.

² Em 1960 foi publicado um livro nos Estados Unidos, sendo que a tradução para o português só ocorreu em 1963.

No Brasil surgiu o Projeto de Ensino de Física (PEF), iniciativa do Instituto de Física da USP em convênio com duas instituições ligadas ao MEC³: FENAME⁴ e PREMEN⁵. Segundo Gaspar (2014), O PEF adotava estímulos à postura ativa e individual do aluno, na convicção que a atividade experimental é essencial para a compreensão dos conceitos físicos, e teve grande importância no contexto nacional para a criação e posterior consolidação da área de Pesquisa em Ensino de Física no Brasil.

Assim, no Brasil do final do século passado, as reflexões de pesquisadores e professores sobre os objetivos de ensino de Ciências, em particular o ensino de Física, resultaram na elaboração de documentos e orientações que apontaram a necessidade de reformas e mudanças curriculares.

“As características de nossa tradição escolar diferem muito do que seria necessário para a nova escola. De um lado, essa tradição compartimenta disciplinas em ementas estanques, em atividades padronizadas, não referidas a contextos reais. De outro lado, ela impõe ao conjunto dos alunos uma atitude de passividade, tanto em função dos métodos adotados quanto da configuração Física dos espaços e das condições de aprendizado. Estas, em parte, refletem a pouca participação do estudante, ou mesmo do professor, na definição das atividades formativas”. (BRASIL, 2002, p.9)

Nas últimas décadas do final do século passado, as abordagens experimentais destes e de outros projetos eram fortemente orientadas por uma concepção construtivista da Ciência. Nesta perspectiva o conhecimento é construído por interação direta entre o sujeito (estudante) e os objetos da experimentação. As diversas críticas a este tipo de abordagem eram embasadas por um lado em trabalhos da Filosofia da Ciência, que defendiam que a natureza “não se revela” unicamente através da experimentação (GASPAR, 2014), e por outro lado por trabalhos do campo da Sociologia da Ciência, que identificaram diferentes modos de atuação do trabalho nos laboratórios de pesquisa (LATOUR e WOOLGAR, 1997). Estas críticas resultaram em um novo sentido adotado para a experimentação em nossas salas de aula: a metáfora da Enculturação Científica.

Nesta perspectiva o estudante é visto como aprendiz que deve ser inserido na cultura científica, entendida como um conjunto de entidades simbólicas e ferramentas teóricas e conceituais que são socialmente construídas e compartilhadas por uma

³ MEC - Ministério da Educação

⁴ FENAME - Fundação Nacional de Material Escolar

⁵ PREMEN - Programa de Expansão e Melhoria do Ensino

comunidade científica (DRIVER et all ,1999). O PCN⁺ menciona a importância que se deve dar a inserção cultural e social de uma forma ativa e participativa do aluno.

“A escola, face às exigências da Educação Básica, precisa ser reinventada: priorizar processos capazes de gerar sujeitos inventivos, participativos, cooperativos, preparados para diversificadas inserções sociais, políticas, culturais, laborais e, ao mesmo tempo, capazes de intervir e problematizar as formas de produção e de vida. A escola tem, diante de si, o desafio de sua própria recriação, pois tudo que a ela se refere constitui-se como invenção: os rituais escolares são invenções de um determinado contexto sociocultural em movimento”. (BRASIL, 2013, p.16)

Nesta dissertação, tendo como objetivo geral a promoção da Enculturação Científica dos estudantes em nossas salas de aula, utilizamos a temática da acessibilidade de cadeirantes para desenvolver uma sequência didática, com ênfase na abordagem experimental, que apresenta diferentes aspectos conceituais relacionados à estática do corpo rígido e à cinemática do movimento de rotação.

Para o planejamento e elaboração do Produto Educacional, cuja íntegra se encontra no Apêndice A dessa dissertação, utilizamos uma abordagem CTS (Ciência- Tecnologia –Sociedade) aliada à realização de Atividades Investigativas para o desenvolvimento dos tópicos que seriam abordados. Este material está inserido no contexto das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas sobre o uso de Robótica Educativa para o Ensino de Física realizadas no LaDEF- Laboratório Didático de Ensino de Física do Colégio de Aplicação da UFRJ⁶.

Inicialmente convidamos os estudantes a participarem como ‘projetistas’ de empresas que iriam concorrer para construção de cadeiras de rodas. Nas diferentes atividades que vão sendo elaboradas ao longo desta sequência didática, o conhecimento científico surge para dar suporte ao desenvolvimento e à produção do protótipo de uma cadeira de roda elétrica.

Deste modo os estudantes são desafiados a realizarem várias atividades investigativas, nas quais foram trabalhados conceitos e fenômenos da Tecnologia e da Física, como equilíbrio do corpo extenso, centro de massa, transmissão de movimento

⁶ Mais especificamente as atividades desenvolvidas nesta sequência didática apresenta-se como aprofundamento/desdobramento das diversas atividades vinculadas ao projeto de pesquisa intitulado: “OFICINAS DE ACIONAMENTO E ROBÔTICA” que vem sendo desenvolvidas desde 2015 pelo grupo de pesquisadores do Laboratório Didático de Ensino de Física do CAp UFRJ,

circular dentre outros. Para o desenvolvimento destas atividades os estudantes são organizados em grupos com o objetivo de favorecer o diálogo entre eles.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos: o primeiro é a *Introdução* onde são apresentados os objetivos e a justificativa da temática escolhida, bem como a metodologia adotada na elaboração do Produto Educacional; o segundo é dedicado à apresentação dos referenciais teóricos que orientaram a elaboração de nosso produto educacional; o capítulo 3 é dedicado a um aprofundamento dos conhecimentos físicos tratados na dinâmica do movimento circular; no quarto capítulo fazemos uma descrição da aplicação da SEI (Sequência didática Investigativa) e características do público alvo, os alunos, bem como da escola estadual na qual o produto foi aplicado; No último capítulo estão as considerações finais.

No apêndice A se encontra a íntegra do Produto Educacional destinado aos estudantes, já no apêndice B se encontra o material de orientação destinado ao professor aplicador.

Capítulo 2 - Referencial teórico

Neste capítulo apresentamos uma síntese contendo algumas considerações relacionadas aos objetivos, metodologias e estratégias didáticas contidas nos principais referenciais teóricos que foram utilizados como norteadores para a elaboração de nosso produto educacional

2.1- Alfabetização Científica

Um dos principais aspectos relacionados ao chamado movimento da Alfabetização Científica (AC) é a elaboração de um ensino que tenha como objeto a promoção de um cidadão com capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de ajudá-lo na construção de uma consciência crítica em relação ao mundo ao seu redor, permitindo uma interação com uma nova cultura e uma forma diferente de ver o mundo e seus acontecimentos. Segundo Sasseron e Machado (2017), o termo Alfabetização Científica pode ser entendido como estando apoiado nas ideias do educador brasileiro Paulo Freire.

“a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto.” (FREIRE, 1980 apud SASSERON e MACHADO, 2017)

Sasseron e Machado (2017) defendem que o ensino que deseja promover a Alfabetização Científica (AC) tem como objetivo permitir aos estudantes interagir com uma nova cultura, a cultura científica. Tendo uma nova forma de ver do mundo e seus acontecimentos, podendo interagir e modifica-los através de práticas conscientes com seus conhecimentos científicos, bem como as habilidades associadas ao fazer científico.

As consequências desses objetivos são desejadas pelo PCN+, como podemos perceber;

Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (Brasil 2002, p.6)

Paul Hurd num artigo intitulado “*Science Literacy: Its meaning for American Schools*” de 1958, elabora uma lista de atributos que uma pessoa deve ter para ser considerada alfabetizada cientificamente:

- Reconhece que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas Ciências e tecnologias.
 - Sabe que as Ciências em contextos sociais têm dimensões política, judicial, ética e, às vezes, interpretações morais.
 - Usa o conhecimento científico em circunstâncias apropriadas tomando decisões para sua vida e da sociedade, fazendo julgamentos, resolvendo problemas e agindo.
 - Reconhece lacunas, riscos, limites e probabilidades na tomada de decisões envolvendo um conhecimento da Ciência ou tecnologia.
 - Reconhece as relações simbióticas entre Ciência e tecnologia e entre Ciência, tecnologia e as ações humanas”
- (HURD;1958 apud PENHA e CARVALHO, 2011, p. 60).

Outro aspecto destacado por Carvalho (2010) é que o ensino *tradicional* de Física é baseado no acúmulo de informações e no desenvolvimento de habilidades estritamente operacionais. Segundo esta autora isso pode ser percebido nas abordagens que utilizam um formalismo matemático associado a representações de gráficos, tabelas e diagramas com pouca ou nenhuma contextualização, dificultando a compreensão dos conceitos da Física pelos alunos.

Um ensino que promove a AC possibilita que os estudantes não apenas desenvolvam o conhecimento dos conceitos da Ciência, mas também construam tal conhecimento por experiências. Sendo defrontados com problemas em que a investigação seja condição para resolvê-los, os estudantes são levados a “fazer ciência”. (SASSERON, 2008).

Assim, uma sequência de ensino de Ciências, com viés na AC promovida na escola, tem intuito de possibilitar que os estudantes percebam a Ciência como construção humana e, portanto, social e histórica, relacionando os conhecimentos científicos com as tecnologias, percebendo seus efeitos na sociedade e no meio ambiente (SASSERON e MACHADO, 2017). Claro que esse processo não se restringe à escola, podendo ocorrer em vários outros espaços. O PCN+ menciona a necessidade do “fazer Ciência”.

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. (BRASIL 2002, p.84)

Sasseron e Machado (2017) identificaram, nas suas pesquisas, que para se planejar um ensino que promova a AC temos que organizar seus objetivos em três “eixos estruturantes”, que tratam de três grandes ênfases mencionadas em diversos trabalhos, são eles:

Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos fundamentais e concerne na possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplica-los na construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplica-los em situações diversas e de modo apropriado em seu dia-a-dia.

Compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. Reporta-se, pois, a ideia de Ciência como um corpo de conhecimento em constantes transformações por meio de processos de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes.

Compreende o entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Trata-se da identificação do entrelaçamento entre estas esferas e, portanto, da consideração de que a solução imediata para um problema em uma destas áreas pode representar, mais tarde, o aparecimento de um outro problema associado. (SASSERON e MACHADO, 2017, p.18 -19)

Esses eixos estruturantes da AC não são parâmetros rígidos num planejamento, mas uma diretriz na organização de uma aula de Ciências. Nesse modelo de ensino, em que almejamos a AC, as ações dos alunos e do professor são importantes, já que os estudantes buscam resoluções, de forma investigativa, dos problemas apresentados pelo professor.

Na análise dos dados de sua pesquisa, Sasseron e Carvalho (2008) identificaram alguns indicadores, que foram chamados de Indicadores da Alfabetização Científica, que estariam relacionados às competências da própria Ciência e do fazer científico. Para as autoras, a presença destes indicadores durante a realização das atividades em nossas salas de aula de Ciências seria indício de que pode estar em curso um processo de Alfabetização Científica dos estudantes. Sasseron e Carvalho (2008) descrevem esses indicadores como:

- I. Seriação de informação***
- II. Organização de informações***
- III. Classificações de informações***
- IV. Raciocínio lógico***
- V. Raciocínio proporcional***
- VI. Levantamento de hipóteses***

- VII. *Teste de hipóteses*
- VIII. *Justificativa*
- IX. *Previsão*
- X. *Explicação*

“A **seriação de informação** deve surgir quando se busca o estabelecimento de bases para a ação investigativa. Essa categoria não prevê, necessariamente, uma organização para as informações: (...)

A **organização de informações** ocorre no momento que se discute como o trabalho foi realizado. Esse indicador pode ser vislumbrado quando se explicita a busca por um arranjo nas informações disponíveis e pode surgir tanto no início da proposição de um tema quando na retomada de uma questão.

A **classificação de informações** aparece quando se busca estabelecer características comuns para os dados obtidos, podendo haver uma hierarquia para essas informações. (...)

Com o objetivo de mapear a estruturação que molda as falas dos alunos durante as aulas de Ciências, são dois os indicadores que esperamos encontrar. O **raciocínio lógico** compreende como as ideias são desenvolvidas e apresentadas; relaciona-se, pois, diretamente com a forma que o pensamento é exposto. O **raciocínio proporcional**, que, como o raciocínio lógico, pretende mostrar como se estrutura o pensamento, refere-se à interdependência entre variáveis, ou seja, as relações que elas têm entre si.

O **Levantamento de hipóteses** aponta momentos em que suposições sobre determinado tema são levantadas. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto na forma de afirmação como de pergunta, atitude dos cientistas quando se defronta com um problema.

O **teste de hipótese** se refere às etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas (...)

Justificativa aparece quando em uma afirmação proferida se lança mão de uma garantia para o que é proposto. Com isso, a afirmação ganha aval, tornando-se mais segura.

O indicador da **Previsão** é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que se sucede associado a determinados acontecimentos.

A **explicação** surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação sucede a justificativa para um problema (...)” (SASSERON e MACHADO, 2017, p. 20-21)

No capítulo 4 desta dissertação utilizaremos estes indicadores da AC a fim de diagnosticar se, nas ações e falas dos estudantes durante a realização das atividades, estará em curso um processo de Alfabetização Científica.

2.2 - Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade⁷- CTS

O agravamento dos problemas ambientais após a Segunda Guerra Mundial e as discussões em relação à qualidade de vida da sociedade industrializada e a necessidade da participação popular nas decisões públicas, propiciaram o surgimento de proposta de ensino CTS (WAKS, 1990 apud SANTOS, 2002). Na década de 1970, na Europa e nos EUA, já existia a preocupação de educadores do ensino de Ciências em acrescentar no currículo reflexões sobre as implicações da Ciência na sociedade.

“Há necessidade de uma alfabetização científica e tecnológica para formar cidadãos críticos, frente às questões que envolvem a Ciência, a tecnologia e suas interações com a sociedade, no que diz respeito aos aspectos políticos, econômicos, ambientais, éticos e morais. Este quadro é um dos motivos do surgimento do movimento mundial CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade” (MIRANDA, 2009)

O movimento CTS no Brasil surgiu na década de 1990 com a realização da “Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia” e com o aparecimento de materiais didáticos como o GREF⁸ (1990, 1991 e 1993).

Para Santos e Mortimer (2002), a educação CTS no ensino médio tem objetivo de promover a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos.

O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de Ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS e MORTIMER, 2002, p.114)

A educação CTS auxilia a construção do conhecimento dos alunos e propicia desenvolvimento de habilidades e valores necessários em tomadas de decisões de cunho científico e tecnológico na sociedade. Existem três objetivos gerais da educação CTS: (I) aquisição de conhecimento, (II) utilização de habilidades (III) desenvolvimento de valores BYBEE (1987 apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.5). Para Vianna (2009) “O enfoque CTS nos permite uma abordagem de conteúdo com uma participação mais efetiva dos estudantes”.

⁷ CTS – Ciência, Tecnologia e Saúde

Sendo assim, os conteúdos de uma proposta baseada em CTS abordam a Ciência de uma forma mais ampla, em que são discutidos muitos outros aspectos além da natureza científica propriamente dita. Este tipo de abordagem valoriza a Ciência como um conhecimento que busca compreensão e soluções para os problemas sociais reais. (SANTOS e MORTIMER, 2002).

A educação CTS valoriza não somente o futuro cientista, mas também os cidadãos comuns. Como menciona Roehrig e Camargo (2013):

“(...)o ensino CTS não ignora a função do currículo tradicional, que é preparar o aluno para as próximas etapas na educação ou para "ensinar respostas certas": apenas dá menor ênfase a esse fator, privilegiando a formação tanto de futuros cientistas ou engenheiros, como a de cidadãos intelectualmente capazes de participar de forma ativa em processos decisórios em sua comunidade.”(ROEHRIG E CAMARGO, 2013).

No ensino de Ciências com enfoque em CTS, temos as inter-relações entre três elementos da tríade - *Ciência, Tecnologia e Sociedade* como está indicado na figura 2.1. (AIKENHEAD, 1988, p.358 apud SANTOS, 2012 p.51).

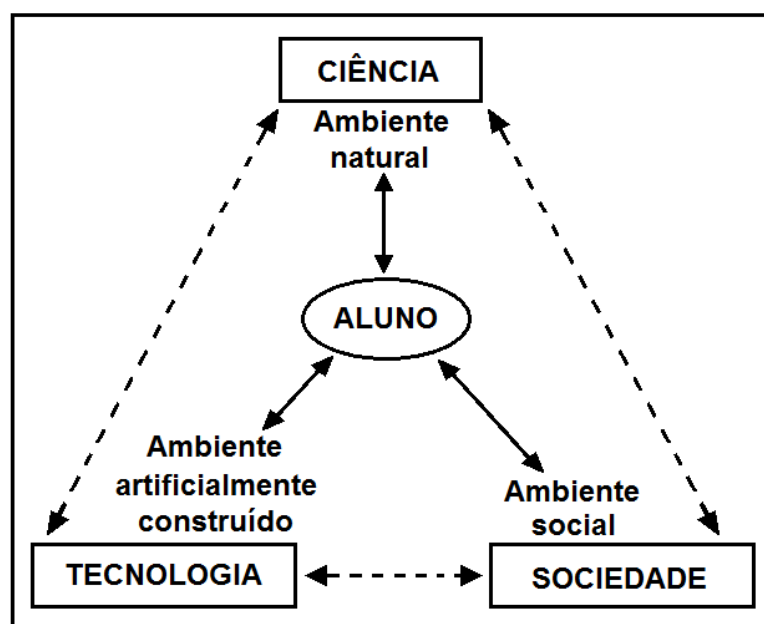


Figura 2.1: As inter-relações CTS
(Fonte: HOFSTEIN, AIKENHEAD, e RIQUARTS, 1988, p.358 apud SANTOS, 2012 p.51)

Assim podemos caracterizar educação CTS como uma integração entre educação científica, tecnológica e social. Nessa perspectiva os conteúdos científicos são estudados com uma discussão de seus aspectos sociais.

Os materiais e estratégias de uma abordagem CTS têm sequência sugerida conforme a figura 2.2 (AIKENHEAD, 1994a, p.57 apud SANTOS, 2012, p.54). Essa sequência segue os seguintes passos: (1) *introdução de um problema social*; (2) *análise da tecnologia relacionada ao tema social*; (3) *estudo dos conteúdos científicos definidos em função do tema social e da tecnologia introduzida*; (4) *estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado* e (5) *discussão da questão social original*

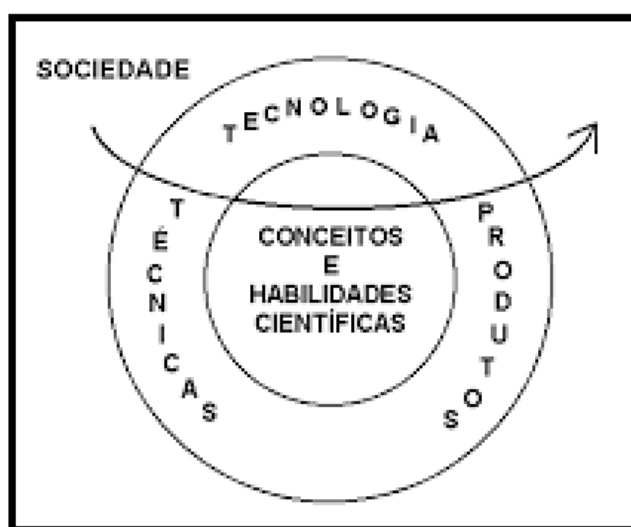


Figura 2.2: Sequência da estrutura dos materiais de CTS
(Fonte: AIKENHEAD, 1994a, p.57 apud SANTOS, 2012 p.54)

Uma estruturação organizada no planejamento da aula, possibilita ao aluno uma pluralidade de meios de comunicação de forma coordenada, é necessária pois incluiu os estudantes na construção do conhecimento e gera novas significações dos conceitos e fenômenos. As atividades investigativas com enfoque CTS ampliam essas possibilidades.

De acordo com essa estrutura proposta na figura 2.2, o nosso Produto Educacional foi planejado com uma problemática de acessibilidade, passando por questões técnicas quando os estudantes foram convidados a serem projetistas de cadeiras de rodas elétricas. O planejamento prevê atividades investigativas em que foram estudados conhecimentos específicos da Ciência como equilíbrio do corpo extenso e transmissão de movimento circular. Em posse desses conhecimentos da Ciência os estudantes

puderam produzir a cadeira de rodas elétrica com melhor qualidade, prevendo e corrigindo problemas na sua construção. Como exemplo podemos citar o aumento na potência da cadeira utilizando uma transmissão de movimento circular do eixo do motor para a roda e ao final poderem discutir aspectos sociais da acessibilidade.

2.3 - Ensino por Investigação

A sala de aula é um ambiente com grande potencial para as significações e as construções conceituais. Segundo Vygotsky (1984 apud MACHADO e SASSERON, 2012) aprender é uma experiência primordialmente coletiva. O conhecimento se constrói por meio das interações com os outros, com os pares e com os mais experientes. A interação entre os sujeitos envolvidos possibilita a pluralidade dos meios de comunicação e construção de novas significações. As atividades investigativas privilegiam as discussões, os debates, as exposições de ideias e as percepções dos alunos diante de um conceito ou fenômeno (MACHADO e SASSERON, 2012).

As teorias de Piaget (1978, apud CARVALHO, 2013) procuram entender como o conhecimento é construído pela humanidade. Para Carvalho (2013), a colocação de um problema no início de uma atividade de investigação é de extrema importância.

“Um dos pontos que podemos salientar, e que fica claro nas entrevistas piagetianas, é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento.” (CARVALHO, 2013)

Pensando na sala de aula, a elaboração de um problema para que os alunos possam solucionar será primordial para diferenciar um ensino expositivo, tradicional, feito pelo professor de um ensino que possibilita a construção do seu conhecimento.

No ensino tradicional, expositivo, o professor é o que determinará toda a linha de raciocínio, ficando a cargo do aluno apenas acompanhá-lo, tentando entender e repetir o processo. Nesse caso o aluno é passivo na elaboração da solução de um problema, não sendo o agente pensador. Porém quando o professor faz um problema bem elaborado, a tarefa de raciocinar passa a ser do aluno, o professor fica com a tarefa de orientar e conduzir as reflexões dos estudantes na construção do conhecimento (CARVALHO, 2013).

Segundo as teorias de Piaget, a estrutura de construção de conhecimento de um indivíduo passa por: *equilíbrio, desequilíbrio, reequilíbrio* (PIAGET, 1976 apud CARVALHO, 2013). Portanto podemos entender que todo conhecimento tem origem num conhecimento anterior, ou seja, nenhum aluno é um ‘papel em branco’, eles

já têm construções de conhecimentos anteriores. A partir desses conhecimentos iniciais que devemos construir o conhecimento que desejamos, este é um princípio fundamental para o ensino construtivista. Sendo assim, primeiramente, temos que saber o que nossos alunos conhecem (*equilíbrio*) para propor problemas que *desequilibrem* estes conhecimentos prévios. Em seguida os mesmos devem ser capazes de construir os novos conhecimentos (*reequilibração*).

Na construção do conhecimento, a passagem da ação manipulativa para ação intelectual é prevista pelas teorias piagetianas. Por isso, para Carvalho (2013), devemos iniciar um planejamento de aula investigativa com uma ação manipulativa, podendo ser um experimento, um texto ou mesmo um jogo. Posteriormente devemos conduzir os estudantes para o conhecimento intelectual dos conceitos, ação que não é nada fácil. Seria bem mais fácil e rápido expor logo a solução, ensinando os conteúdos. Porém é nesse processo de busca de soluções, tomadas de decisões e análise de como resolver o problema proposto que se constrói o conhecimento. Nessa etapa o professor deve ter consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Por isso se deve dar tempo para os estudantes refletirem sobre suas respostas e tomadas decisões que não solucionaram o problema, já que Piaget (1974) entende a necessidade do erro (desequilíbrio) para que ocorra um novo conhecimento (reequilíbrio).

*“O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno ensina mais do que muitas aulas expositivas quando um aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.”
(CARVALHO, 2013, p.3)*

Vygotsky (1984) trouxe um conceito chamado ‘zona de desenvolvimento proximal’ (ZDP) que influenciou a escola. Este define a distância entre o “nível de desenvolvimento real”, que é determinado pela capacidade de resolver um problema com autonomia, e o “nível de desenvolvimento potencial”, determinado pela capacidade de resolução de problemas com orientação de outro indivíduo (CARVALHO, 2013).

Esses conceitos forneceram subsídios para elaboração do planejamento da aula, por exemplo, o trabalho em grupo é necessário. Este conceito ZPD forneceu subsídios para elaboração do planejamento da aula, especialmente a proposição do trabalho em grupo. O aluno compreende melhor os conceitos com interações entre seus pares que estão num mesmo nível de desenvolvimento proximal (ZPD). Para isso os trabalhos devem ser sócio-interacionista, ou seja, os estudantes trocam ideias e debatem na solução do

problema, ocorrendo ajudas mútuas, não podendo ser um trabalho em grupo que surge de um somatório de trabalhos individuais.

“A visão sócio-interacionista apresenta a importância, em um processo de aprendizagem, da interação social com outros mais experientes nos usos das ferramentas intelectuais. A implicação deste fato para o ensino de Ciências é que as interações entre os alunos e principalmente entre professor e alunos devem levá-los à argumentação científica e à alfabetização científica” (SASSERON e CARVALHO, 2011).

A linguagem tem uma importância grande. É preciso levar os alunos da linguagem cotidiana para a linguagem científica, para a construção de significados aceitos pela comunidade científica, como expressa Lemke.

“(…) ao ensinar Ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras (...) mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitáveis” (LEMKE 1997 apud CARVALHO 2013, p.5).

Introduzir os alunos nas linguagens da Ciência é o que chamamos de *enculturação científica*. Claro que o ambiente escolar não pode, nem deve, ser comparado com os laboratórios científicos de pesquisas nos quais os especialistas produzem Ciência.

Uma sequência de ensino investigativo normalmente se inicia com um problema contextualizado, seja experimental ou teórico. A problemática deve gerar possibilidades dos alunos pensarem e trabalharem sobre os fenômenos científicos que estão envolvidos no problema e são desejos do planejamento dos conteúdos do professor. Na sequência, após a resolução do problema, é preciso uma sistematização do conhecimento construído pelos estudantes. Carvalho (2013) prevê essa sistematização:

“Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto” (CARVALHO, 2013, p.7)

A contextualização do conteúdo também é importante, já que nesse momento os alunos podem perceber a importância da aplicação dos conhecimentos construídos do ponto de vista social.

Uma SEI⁹ é uma sequência de atividades abrangendo um tópico do programa escolar com atividades planejadas, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas. Para Carvalho (2013) essa sequência deve possibilitar aos alunos trazerem conhecimentos prévios e com eles reconstruírem novos conhecimentos através de debates de ideias numa interação entre os alunos e com o professor. A autora (CARVALHO, 2013) ainda menciona vários tipos de problemas que podemos propor.

"Vários são os tipos de problemas que se pode organizar para iniciar uma SEI, o mais comum e o que envolve mais os alunos é sem dúvida o problema experimental, entretanto existem várias experiências que trabalham com elementos que são perigosos para os alunos manipularem, por exemplo, experiências que envolvem fogo em um curso fundamental, neste caso a manipulação é feita pelo professor e o problema fica com um formato de demonstração investigativa. Outras vezes o problema pode ser gerado a partir de outros meios como figuras de jornal ou internet, texto ou mesmo ideias que os alunos já dominam: são os problemas não experimentais." (CARVALHO, 2013 p.8).

Independente do tipo de problema escolhido ele deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidades aos alunos de levantarem e testarem suas hipóteses. Por isso a importância na seleção do problema, planejamento e escolha do material a ser utilizado, já que o material dará suporte à resolução do problema. Estando um ligado intrinsecamente ao outro (CARVALHO, 2013).

O problema deve ser muito bem planejado, pois o aluno não pode ficar perdido, sem saber o que fazer e deve estar de acordo com todas as características de um ensino por investigação, ou seja, deve estar dentro da cultura social dos alunos.

"(...) o problema posto não pode ser o problema do professor ou do livro didático, mas deve ser percebido e assimilado por eles mesmos." (SASSERON e MACHADO, 2017 p.30).

A sistematização do conhecimento ocorre após as etapas desenvolvidas na solução do problema feita pelos alunos. O professor organiza a turma de forma a discutir com toda a classe e sistematiza o conceito ou conhecimento que foi objetivo do problema. Porém, nessa etapa, o processo de solução do problema e os conceitos envolvidos são apresentados numa linguagem mais formal, já que antes a linguagem era informal, até pela interação entre os alunos (CARVALHO, 2013).

⁹ SEI - Sequência de Ensino Investigativo

“Entretanto, o mais importante ao planejarmos as atividades de aprofundamento é que estas devem ser pensadas como atividades investigativas, isto é, todas devem ser organizadas para que os alunos em grupo discutam, expondo para seus colegas suas ideias e seus entendimentos do texto.” (CARVALHO 2013, p.13).

A forma de avaliar é, para Carvalho (2013), um processo que deve ser modificado quando adotamos uma abordagem investigativa em nossas salas de aula.

“Esse processo exige uma mudança da postura do professor em relação às formas de avaliar a aprendizagem dos alunos. É importante que esteja atento o tempo todo à sua turma, às ações e aos resultados por ela realizados e alcançados. A observação e os registros do professor sobre os alunos são um instrumento de avaliação importante no sentido de acompanhar o desempenho dos estudantes.” (CARVALHO, 2013, p.13)

Borges (2002) menciona a importância da participação do aluno em todo o procedimento, desde a percepção do problema até as conclusões finais:

“(…) cabe ao estudante toda a solução, desde a percepção e geração do problema; sua formulação em forma suscetível de investigação; planejamento do curso de suas ações; escolha dos procedimentos, seleção dos equipamentos e materiais, preparação da montagem experimental, realização de medidas e observações necessárias; registro dos dados em tabela e gráficos; interpretação dos resultados e enumeração das conclusões“. (Op. cit.)

Nessa perspectiva, as atividades práticas nas aulas de Física devem mudar de objetivo quando comparadas ao laboratório tradicional. De modo geral o laboratório tradicional é entendido por um conjunto de atividades práticas nas quais muitas vezes os estudantes trabalham seguindo um roteiro fechado com instruções prescritas que devem ser seguidas. Instruções essas que têm objetivos de provar leis, teorias e conceitos explanados nas aulas teóricas, observando na prática os conceitos definidos pela teoria da Ciência (BORGES, 2002).

As atividades investigativas visam proporcionar aos alunos condições de trazerem seus conhecimentos prévios, terem ideias próprias e poderem discuti-las com seus pares, alunos e professor (CARVALHO, 2013), tendo liberdade na forma de resolver o problema proposto (BORGES, 2002). No quadro 1, podemos verificar diferenças entre o laboratório tradicional e as atividades investigativas em relação ao grau de abertura da atividade e da atitude do estudante.

Quadro 1: Aspectos do laboratório tradicional e de atividades investigativas

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura Liberdade total no planejamento
<i>Objetivo da atividade</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

(Fonte: BORGES, 2002, p.304)

O grau de abertura indica quanto o professor ou roteiro especifica a tarefa do aluno (BORGES, 2002). Tamir (1991, apud BORGES 2002, p. 306) categoriza as atividades investigativas em quatro níveis, de acordo com o quadro 2.

O nível 0 (zero) corresponderia ao extremo de ‘problema fechado’. O problema, os procedimentos e conclusões são dados. Nesse nível o aluno fica com a função apenas de coletar dados e verificar se chegou ao resultado apresentado previamente pelo roteiro.

No nível 1, o problema e os procedimentos são definidos pelo professor, cabendo ao aluno a coleta de dados e as conclusões.

No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer medições e obter conclusões a partir deles.

No nível 3, o nível mais aberto de investigação, o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões. Nesse último nível o professor mediará orientando os estudantes, sem fornecer os procedimentos para a resolução do problema nem a solução a que devem chegar (BORGES, 2002). No quadro 2 são as categorizações propostas por Tamir (1991, apud BORGES 2002, p.306)

Quadro 2: Níveis de investigação no Laboratório de ensino de Ciências

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

(Fonte: TAMIR, 1991, apud BORGES, 2002, p.306)

Os conteúdos processuais e atitudinais são de extrema relevância nas SEI's, diferentemente das avaliações tradicionais. Por exemplo a investigação deve ser ressaltada pelos professores, pois é parte integrante do ensino de Ciências. No momento da etapa em que os grupos de estudantes estiverem resolvendo o problema proposto, o professor deve observar o processo atitudinal, ou seja, se eles debatem na busca de respostas do problema testando se são válidas. Numa sequência de ensino investigativo também devemos nos preocupar e, se possível, elaborar avaliações mais lúdicas, como montagem de painel, palavras cruzadas ou mesmo autoavaliações (CARVALHO, 2013, p.14)

Para Santos e Mortimer (2011) é importante evidenciar o poder de influência que os alunos podem ter como cidadãos. Estas atividades devem propiciar *“ao aluno uma compreensão melhor dos mecanismos de poder das diversas instancias sociais”* (SANTOS e MORTIMER, 2011 p.9).

Penha e Carvalho (2011) também mencionam a importância da formação de cidadãos críticos:

“[...] formação dos estudantes como consumidores críticos da Ciência, que possam avaliar riscos, considerações econômicas e valores são objetivos declarados desse documento para uma educação científica que deve preocupar-se com as complexas questões sociocientíficas que estão envolvidas na decisão sobre o uso e desenvolvimento da Ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea.” (PENHA e CARVALHO, 2011)

Em nosso Produto Educacional, no Apêndice A deste trabalho, elaboramos uma SEI que aborda uma problemática social sobre a mobilidade urbana dos cadeirantes. Como descrito anteriormente, os estudantes são inicialmente desafiados a participarem de uma licitação fictícia para fabricação (e construção de protótipos) de uma cadeira de rodas elétricas. Nas abordagens os conceitos físicos vão sendo introduzidos para dar suporte técnico para que os estudantes consigam elaborar seus projetos. Deste modo utilizamos uma abordagem CTS para elaboração de uma Sequência Didática Investigativa que pretende promover AC de nossos estudantes.

Capítulo 3 - Física de corpos rígidos

Neste capítulo apresentaremos a Física dos corpos rígidos, iniciando o estudo com sistema de partículas. A apresentação é dedicada à comunidade acadêmica e ao professor do ensino básico. Neste capítulo elaboramos uma revisão dos princípios teóricos que fundamentam os conceitos que serão usados nas atividades do nosso Produto Educacional.

3.1 - Sistema de partículas

A 2ª lei de Newton é o princípio fundamental da dinâmica, sendo a lei básica que permite determinar a evolução de um sistema na mecânica clássica. Se analisarmos experimentalmente uma partícula de massa m em que atua uma Força resultante \mathbf{F} , podemos escrever a relação de proporcionalidade:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (3.1.1)$$

Sendo \mathbf{F} a Força resultante que atua na partícula uma grandeza vetorial, podemos dizer que essa Força é a soma vetorial entre todas as Forças atuantes na partícula, ou seja,

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n \quad (3.1.2)$$

Este é um resultado experimental, conhecido como *princípio de superposição de Forças*.

Se considerarmos um sistema de três partículas, conforme a figura 3.1, percebemos que a Força resultante na partícula 1 é a soma vetorial da interação entre 1 e 2, $\mathbf{F}_{1(2)}$ e a interação entre 1 e 3 $\mathbf{F}_{1(3)}$. Em nossos estudos, essas interações são independentes uma da outra, ou seja, uma Força pode ser calculada como se a outra não estivesse presente.

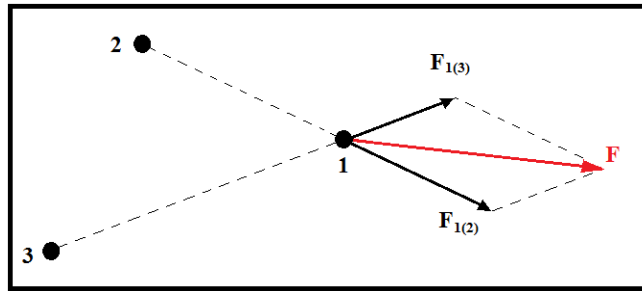


Figura 3.1. Partículas em interação com outras duas

Newton definiu a quantidade de movimento, ou momento linear como:

“A quantidade de movimento é a medida do mesmo, que se origina conjuntamente da velocidade e da massa”.
(NUSSENZVEIG, 2002)

Isso significa que podemos escrever a relação para o momento linear \mathbf{p} de uma partícula:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (3.1.3)$$

Sabemos que o momento linear \mathbf{p} é uma grandeza vetorial, já que é o produto escalar entre uma grandeza escalar m (massa) e uma vetorial \mathbf{v} (velocidade). Considerando a massa constante com o tempo e derivando em relação ao tempo, teremos;

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a} \quad (3.1.4)$$

Comparando podemos escrever a Força da seguinte forma;

$$\boxed{\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}} \quad (3.1.5)$$

Imaginando um sistema com duas partículas que interagem somente entre elas, pela 3ª lei de Newton, princípio da ação e reação, a Força que a partícula 1 exerce na partícula 2 tem mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos à Força que a partícula 2 exerce na 1, daí escrevemos

$$\mathbf{F}_{1(2)} = -\mathbf{F}_{2(1)} \quad (3.1.6)$$

$$\frac{d\mathbf{p}_1}{dt} = \mathbf{F}_{1(2)} \quad \mathbf{e} \quad \frac{d\mathbf{p}_2}{dt} = \mathbf{F}_{2(1)} \quad (3.1.7)$$

Logo teremos que

$$\frac{d\mathbf{p}_1}{dt} = -\frac{d\mathbf{p}_2}{dt} \quad (3.1.8)$$

$$\frac{d\mathbf{p}_1}{dt} + \frac{d\mathbf{p}_2}{dt} = 0 \quad (3.1.9)$$

Com isso concluímos que num sistema isolado, a conservação de momento linear

Vimos até agora que em um sistema isolado de Forças externas o momento linear do sistema se conserva. Agora vamos pensar num caso mais geral com Forças externas. Definiremos como $F^{(ext)}$ a Força externa total que atua no sistema, assim como $F_1^{(ext)}$ a Força externa que atua na partícula 1 e $F_2^{(ext)}$ a Força externa que atua na partícula 2.

$$\frac{dp_1}{dt} = F_{1(2)} + F_1^{(ext)} \quad (3.1.10a)$$

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} = 0 \quad (3.1.10b)$$

Somando os momentos lineares das duas partículas, obtemos:

$$\frac{d}{dt}(p_1 + p_2) = F_{2(1)} + F_{1(2)} + F_1^{(ext)} + F_2^{(ext)} \quad (3.1.11)$$

Como $F_{1(2)} + F_{2(1)} = 0$, podemos escrever a variação do momento linear total \mathbf{P} do sistema como sendo;

$$\boxed{\frac{d\mathbf{P}}{dt} = F^{(ext)}} \quad (3.1.12)$$

Vamos definir agora os momentos lineares das partículas 1 e 2 do nosso sistema, nas posições \mathbf{r}_1 e \mathbf{r}_2 em relação a um referencial inercial, obtendo o seguinte:

$$\begin{cases} \mathbf{p}_1 = m_1 \frac{d\mathbf{r}_1}{dt} \\ \mathbf{p}_2 = m_2 \frac{d\mathbf{r}_2}{dt} \end{cases} \quad (3.1.13)$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \frac{d}{dt}(m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2) \quad (3.1.14)$$

Sendo $M = m_1 + m_2$, teremos que o momento linear total \mathbf{P} é igual a:

$$\mathbf{P} = M \frac{d\mathbf{R}}{dt} \quad (3.1.15)$$

Sendo \mathbf{R} é o vetor posição do *centro de massa* CM desse sistema de partículas, igualando as equações (3.1.14) e (3.1.15), teremos:

$$\frac{d}{dt}(m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2) = M \frac{d\mathbf{R}}{dt} \quad (3.1.16)$$

Assim podemos escrever o vetor posição do centro de massa CM para esse sistema de duas partículas, como sendo;

$$\mathbf{R}_{CM} = \frac{m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2}{m_1 + m_2} \quad (3.1.17)$$

Generalizando o vetor posição do CM teremos

$$\boxed{\mathbf{R}_{CM} = \frac{m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2 + \dots + m_n\mathbf{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}} \quad (3.1.18)$$

Sendo o vetor posição do centro de massa do sistema como $\mathbf{R} = X\mathbf{i} + Y\mathbf{j} + Z\mathbf{k}$, as coordenadas do CM são dadas:

$$X_{CM} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.19a)$$

$$Y_{CM} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.19b)$$

$$Z_{CM} = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + \dots + m_nz_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.19c)$$

Finalmente podemos escrever a relação para o vetor do centro de massa da seguinte forma

$$\mathbf{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \mathbf{r}_i}{\sum_i m_i} \quad (3.1.20)$$

Numa distribuição contínua de matéria podemos pensar como caso de limite de um sistema de partículas, decompondo-a primeiro em um número finito de porções, tais que a porção i tem volume ΔV_i e massa Δm_i como mostra a figura 3.2.

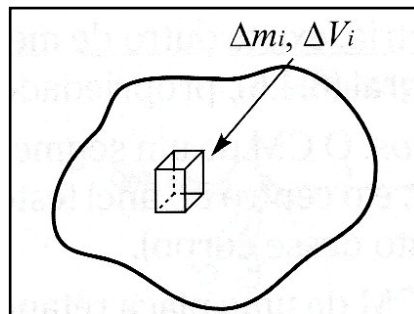


Figura 3.2 Elemento de Volume

Para ΔV_i suficientemente pequeno, podemos representar o vetor do centro de massa como sendo

$$\mathbf{R} = \frac{\sum_i (\Delta m_i) \mathbf{r}_i}{\sum_i \Delta m_i} \quad (3.1.21)$$

Passando ao limite em que o número de subdivisões cresce indefinidamente e cada Δm_i tende a zero, escrevemos;

$$\mathbf{R} = \frac{\int \mathbf{r} dm}{\int dm} \quad (3.1.22)$$

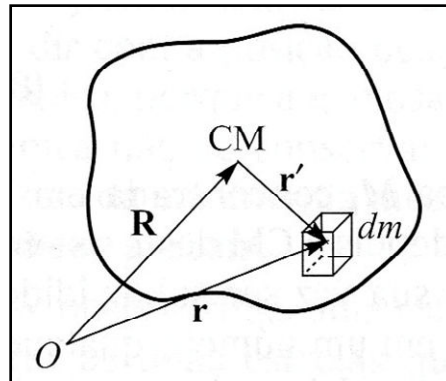


Figura 3.3 CM de distribuição contínua de massa

As integrais são estendidas a toda a distribuição de massa do corpo ($\int dm = M$, massa total do corpo extenso) e $\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{R}$ é o vetor de posição do elemento de massa DM situado no ponto \mathbf{r} em relação ao CM (Figura 3.3)

Para o ensino básico fundamental e médio devemos nos atentar de forma mais simples às equações citadas e desenvolvidas até o momento, como por exemplo:

- I. a equação da 2ª lei de Newton (3.1.1);

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (3.1.23)$$

- II. a equação (3.1.2) da Força resultante;

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n \quad (3.1.24)$$

- III. a equação (3.1.3) do momento linear;

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (3.1.25)$$

IV. a equação (3.1.18) do vetor centro de massa;

$$\mathbf{R}_{CM} = \frac{m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2 + \dots + m_n\mathbf{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.26)$$

V. as equações (3.1.19a), (3.1.19b) e (3.1.19c) das coordenadas do centro de massa (CM);

$$X_{CM} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.27a)$$

$$Y_{CM} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.27b)$$

$$Z_{CM} = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + \dots + m_nz_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (3.1.27c)$$

3.2 - Rotações e velocidade angular

Um corpo rígido é quando a distância entre duas partículas quaisquer do corpo é invariável. Claro que nenhum corpo é perfeitamente rígido, consideraremos assim os que tiverem deformações pequenas que possam ser desprezadas.

Podemos descrever de uma forma mais geral o movimento de um corpo rígido a sobreposição de um movimento de translação e de rotação. A *translação* pode-se dizer que é quando a direção de qualquer segmento que une dois pontos não se altera durante movimento, podendo estudar o movimento de todo o corpo analisando apenas um ponto do corpo, que pode ser o centro de massa (CM).

Já rotação é quando ao fixarmos um único ponto O do corpo, sendo o ponto fixo, qualquer outro ponto P situado a uma distância r de O tem de mover-se sobre uma esfera de raio r com centro em O (ver figura 3.4). Sendo necessários 2 parâmetros para descrever essa rotação a latitude e longitude. Porém se a rotação ocorrer em relação ao um eixo fixo (ver figura 3.5), ai teremos apenas um parâmetro para o ponto P distante r do eixo fixo, que será o ângulo de rotação θ .

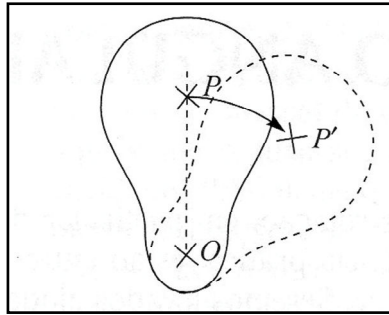


Figura 3.4 Rotação em torno de um ponto fixo.

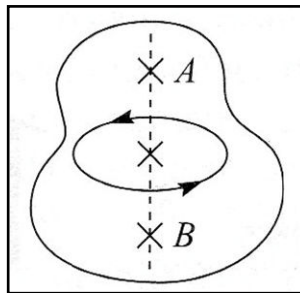


Figura 3.5 Rotação em torno de um eixo fixo

Para continuarmos nossos estudos vamos compreender um pouco sobre produto vetorial, já que estamos trabalhando com vetores.

Sejam dois vetores **a** e **b** quaisquer, o produto vetorial entre o vetor **a** e o vetor **b**, será um novo vetor **c**.

$$\mathbf{c} = \mathbf{a} \times \mathbf{b} \quad (3.2.1)$$

Onde a direção **c** é perpendicular ao plano que contém os vetores **a** e **b** e o sentido é dado pela “regra da mão direita” (convenção), ver figura 3.4

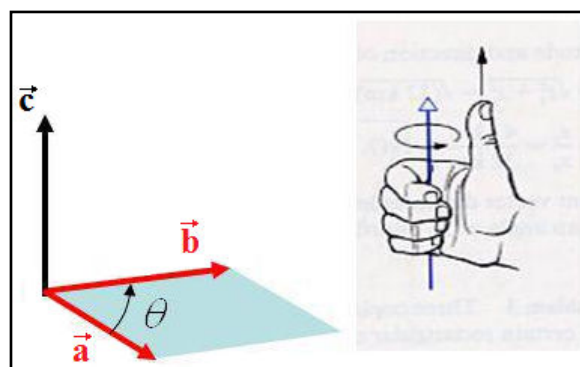


Figura 3.6 “Regra da mão direita”

O módulo de \mathbf{c} é a área do paralelogramo formado pela figura hachurada (ver figura 3.6) que está no plano que contém os vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} .

$$|\mathbf{c}| = |\mathbf{a}||\mathbf{b}|\text{sen}\theta \quad (3.2.2)$$

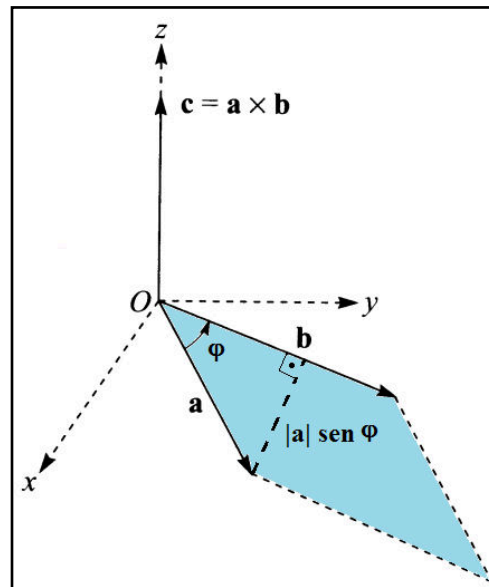


Figura 3.7 Interpretação geométrica

Consideremos uma partícula P em movimento em torno de um eixo OZ, num plano paralelo ao plano XOY. Seja \mathbf{r} o seu vetor posição, $\boldsymbol{\omega}$ o seu vetor velocidade angular e \mathbf{v} o seu vetor velocidade, mostrados na figura 3.7.

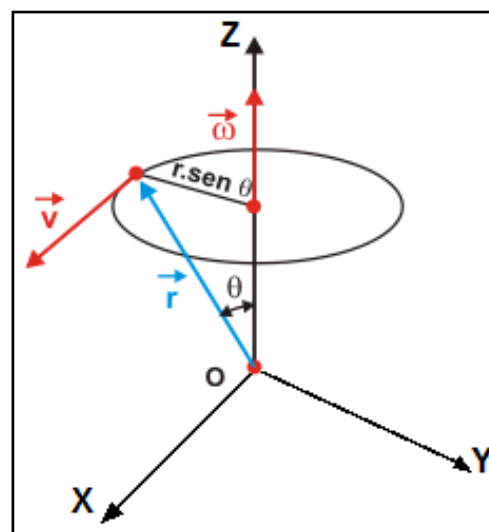


Figura 3.8 Magnitude do produto vetorial

Podemos escrever a relação

$$|v| = |\omega||r|\text{sen}\theta \quad (3.2.3)$$

Podemos perceber que a velocidade v é igual ao produto vetorial entre o vetor velocidade angular ω e o vetor posição r .

$$\boxed{v = \omega \times r} \quad (3.23)$$

3.3 - Torque

A cinemática unidimensional e a cinemática das rotações em torno de um eixo fixo têm apenas um grau de liberdade que são respectivamente x (deslocamento) e θ (ângulo de rotação em torno do eixo) têm as seguintes correspondências, conforme o quadro 3:

Quadro 3: Correspondências entre movimento unidimensional linear e unidimensional rotacional

deslocamento = x	$\theta = \text{ângulo de rotação}$
velocidade = $v = \frac{dx}{dt}$	velocidade angular = $\omega = \frac{d\theta}{dt}$
aceleração = $a = \frac{dv}{dt}$	aceleração angular = $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

(Fonte: NUSSENZVEIG, Herch Moysés)

Na dinâmica unidimensional escrevemos o trabalho infinitesimal com a seguinte relação

$$dW = Fdx \quad (3.3.1)$$

Portanto o trabalho infinitesimal de uma rotação infinitesimal $d\theta$ deve ser

$$dW = \tau d\theta \quad (3.3.2)$$

onde τ é o chamado *Torque*.

Vejamos o trabalho infinitesimal de uma Força para girar uma haste rígida em torno de uma extremidade fixa

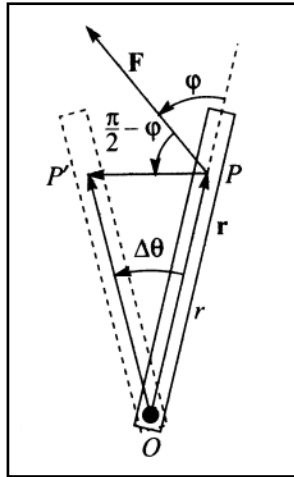


Figura 3.9 Haste rígida com extremidade fixa

Como a *componente longitudinal* $F \cos(\varphi)$ não realiza trabalho (pois não tem deslocamento), podemos analisar somente a *componente perpendicular* $F \sin(\varphi)$. Para ângulos pequenos $d\theta$ teremos $dr = r d\theta \sim dx$, logo,

$$dW = F \sin(\varphi) dx = F r \sin(\varphi) d\theta \quad (3.3.3)$$

Portanto, $\tau = F r \sin(\varphi)$

Sendo assim podemos escrever o *vetor torque* $\boldsymbol{\tau}$ em relação ao ponto O.

$$\boxed{\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}} \quad (3.3.4)$$

3.4 - Momento Angular

Sendo o torque como, $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ (3.3.4). Podemos pela relação entre \mathbf{F} da 2ª lei de Newton e o momento linear, escrever;

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} \quad (3.4.1)$$

Como

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \mathbf{r} \times \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(\mathbf{r} \times \mathbf{p}) = \frac{d\mathbf{L}}{dt} \quad (3.4.2)$$

onde \mathbf{L} é o *vetor momento angular* em relação ao ponto O.

$$\boxed{\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}} \quad (3.4.3)$$

e

$$\boxed{\boldsymbol{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}} \quad (3.4.4)$$

Vale resaltar que tanto $\boldsymbol{\tau}$ quanto \mathbf{L} dependem do ponto O, portanto, é preciso sempre *definir* esse ponto. Outro ponto importante é quando o torque é nulo, pois nesse caso o momento angular se conserva.

3.5 - Momento de Inércia

Considere um corpo de massa m que desliza sem atrito numa mesa horizontal preso a uma corda de massa desprezível que passa por um orifício O puxado verticalmente por uma Força \mathbf{F} , se movendo com velocidade v .

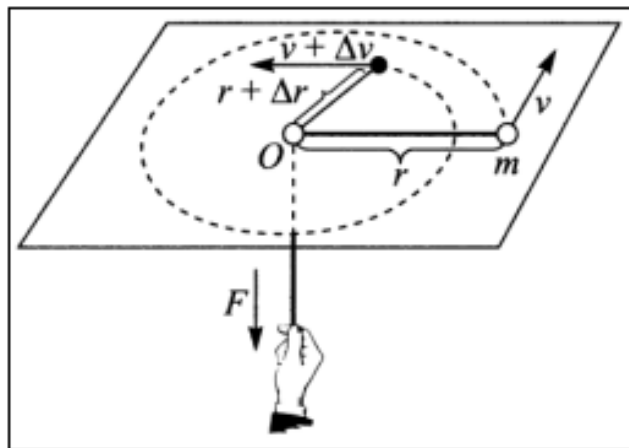


Figura 3.10 Disco puxado por um fio

Para que o corpo realize um movimento circular de raio r , é necessário que a Força \mathbf{F} externa aplicada seja igual à Força centrípeta $F = -\frac{mv^2}{r}\hat{r}$. Como essa Força é uma Força central, o vetor momento angular \mathbf{L} se conserva.

Podemos escrever então o módulo do momento angular

$$|\mathbf{L}| = |\mathbf{r} \times \mathbf{p}| = rmv = m\omega r^2 = I\omega \quad (3.5.1)$$

Assim podemos introduzir o *momento de inércia* do corpo em relação a ponto central O.

$$\boxed{I = mr^2} \quad (3.5.2)$$

Se diminuirmos o raio \mathbf{r} , aumentamos o módulo da velocidade angular $\boldsymbol{\omega}$, para mantermos o momento de inércia constante.

Momento angular de um sistema de partículas

Seja um sistema de N partículas de massas m_i , vetor posição \mathbf{r}_i e velocidade \mathbf{v}_i , $i=1,2,3,\dots,N$, todos com referencial no ponto central O.

Assim o vetor momento angular total do sistema de partículas em relação ao ponto central O será

$$\mathbf{L} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{p}_i = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{v}_i \quad (3.5.3)$$

Já o momento angular do sistema em relação ao centro de massa (CM) é dado por

$$\mathbf{L}' = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}'_i \times \mathbf{p}'_i = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}'_i \times \mathbf{v}'_i \quad (3.5.4)$$

Sendo $\mathbf{r}'_i = \mathbf{r}_i - \mathbf{R}$ e $\mathbf{v}'_i = \mathbf{v}_i - \mathbf{V}$, onde \mathbf{R} e \mathbf{V} são os vetores posição e velocidade do CM em relação ao ponto central O. Substituindo na equação (3.5.4), teremos

$$\mathbf{L}' = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}'_i \times \mathbf{v}'_i = \sum_{i=1}^N m_i (\mathbf{r}_i - \mathbf{R}) \times (\mathbf{v}_i - \mathbf{V}) \quad (3.5.5)$$

$$L' = \sum_{i=1}^N [m_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{v}_i - m_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{V} - \mathbf{R} \times m_i \mathbf{v}_i + m_i \mathbf{R} \times \mathbf{V}] \quad (3.5.6)$$

Chegando as relações

$$L' = L - M\mathbf{R} \times \mathbf{V} = L - \mathbf{R} \times \mathbf{P} \quad (3.5.7)$$

$$\boxed{L = L' + \mathbf{R} \times \mathbf{P}} \quad (3.5.8)$$

Sendo assim podemos dizer que o momento angular do sistema medido com referencial no ponto central O é igual ao momento angular medido no CM mais o momento angular do CM em relação ao ponto central O.

3.6 - Torque de um sistema de partículas

Lembramos que a relação entre a Força externa de um sistema de partículas e o vetor momento linear desse sistema é

$$\boxed{\frac{d\mathbf{P}}{dt} = F^{(ext)}} \quad (3.6.1)$$

Para o torque de um sistema de N partículas teremos

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{v}_i \right) = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{a}_i \quad (3.6.2)$$

Se o referencial é inercial, podemos aplicar a 2ª lei de Newton à partícula i, escrevendo

$$m_i \mathbf{a}_i = \mathbf{F}_i^{(ext)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{F}_{i(j)} \quad , \text{ sendo } (i = 1, 2, \dots, N) \quad (3.6.3)$$

Onde $F_i^{(ext)}$ é a Força externa sobre a partícula i e $\sum_{j=1}^N F_{i(j)}_{j \neq i}$ são as Forças internas que as $N-1$ partículas fazem sobre i , por esse motivo não podemos ter $i=j$, pois a partícula não exerce Força sobre ela mesma.. Substituindo a equação (3.6.3) em (3.6.4), teremos

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i^{(ext)} + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_{i(j)} \quad (3.6.5)$$

mas

$$\sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_{i(j)} \stackrel{i \leftrightarrow j}{=} \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \mathbf{r}_j \times \mathbf{F}_{j(i)} \quad (3.6.6)$$

sendo assim, podemos escrever

$$\sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_{i(j)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N [\mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_{i(j)} + \mathbf{r}_j \times \mathbf{F}_{j(i)}] \quad (3.6.7)$$

Podendo ser reduzida para

$$\sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_{i(j)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N [(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) \times \mathbf{F}_{j(i)}] \quad (3.6.8)$$

Pela 3ª Lei de Newton, podemos afirmar que $F_{i(j)} = -F_{j(i)}$

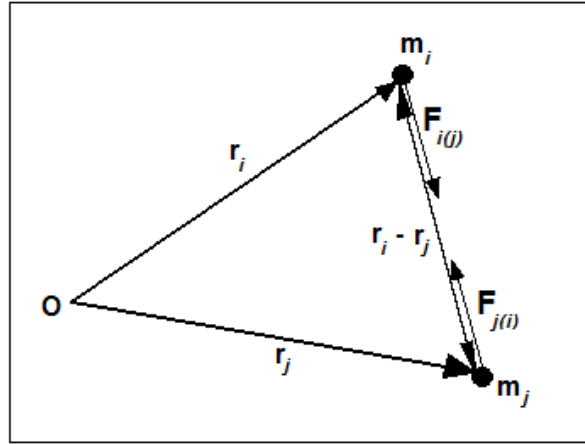


Figura 3.11 Forças internas

Como $(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) \times \mathbf{F}_{i(j)} = 0$, podemos simplificar a equação (3.6.5), para

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i^{(ext)} = \sum_{i=1}^N \boldsymbol{\tau}_i^{(ext)} = \boldsymbol{\tau}^{(ext)} \quad (3.6.9)$$

que é a lei fundamental da dinâmica das rotações para um sistema de partículas em relação a um ponto O, sendo esse ponto referencial inercial.

Porém se o ponto O, ou seja, o CM tiver aceleração não nula ($\mathbf{A} \neq 0$), não podemos fazer o uso da 2ª lei de Newton na equação (3.6.3) e teremos a aceleração do CM escrita pela relação

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = M\mathbf{A} = \mathbf{F}^{(ext)} \quad (3.6.10)$$

Numa situação com Força externa diferente de zero, ou seja, com o CM tendo aceleração A ($\mathbf{A} \neq 0$), utilizaremos o referencial do CM.

$$\frac{d\mathbf{L}'}{dt} = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}'_i \times \mathbf{a}_i \quad (3.6.11)$$

Como $\mathbf{r}'_i = \mathbf{r}_i - \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{a}'_i = \mathbf{a}_i - \mathbf{A}$, substituindo na equação (3.6.11), teremos

$$\frac{d\mathbf{L}'}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}'_i \times m_i \mathbf{a}_i - \left(\sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}'_i \right) \times \mathbf{A} \quad (3.6.12)$$

expandindo a equação (3.6.12) obtemos

$$\frac{d\mathbf{L}'}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}'_i \times m_i \mathbf{a}_i = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}'_i \times \mathbf{F}_i^{(ext)} + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \mathbf{r}'_i \times \mathbf{F}_{i(j)} \quad (3.6.13)$$

Como $\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j = \mathbf{r}'_i - \mathbf{r}'_j$, então o último termo da equação (3.6.13) é nulo. Finalmente concluímos que

$$\frac{d\mathbf{L}'}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{r}'_i \times \mathbf{F}_i^{(ext)} = \sum_{i=1}^N \boldsymbol{\tau}'_i^{(ext)} = \boldsymbol{\tau}'^{(ext)} \quad (3.6.14)$$

Com a equação (3.6.14) concluímos que mesmo quando o CM está acelerando ($A \neq 0$), ou seja, um referencial não inercial a equação é válida.

3.7- Momento de inércia de um corpo rígido

Podemos analogamente ao que foi feito para o CM de uma distribuição contínua de partículas de matéria como na equação (3.1.21). Imaginá-lo inicialmente como composto de partículas de massa Δm_i situadas a distâncias ρ_i do eixo de rotação. Sendo assim, podemos escrever o momento angular total do corpo rígido em relação ao eixo de rotação Z , onde $Z=OO'$.

$$L_z = \sum_i l_{z,i} = (\sum_i \rho_i^2 \Delta m_i) \omega \quad (3.7.1)$$

Assim podemos passar o limite do contínuo, ficando da seguinte forma

$$L_z = I \omega \quad (3.7.2)$$

onde

$$\boxed{I = \int \rho^2 dm} \quad (3.7.3)$$

é o momento de inércia do corpo rígido em relação a um eixo de rotação fixo

Podemos aplicar a lei fundamental da dinâmica das rotações, expressa pela equação (3.6.9) com a componente Z da equação (3.7.2), teremos que

$$\frac{dL_z}{dt} = \frac{d}{dt}(I\omega) = \tau_z^{(ext)} \quad (3.7.4)$$

Um elemento de massa dm do corpo à distância ρ do eixo tem uma energia cinética de rotação

$$\frac{1}{2}v^2 dm = \frac{1}{2}\rho^2 \dot{\phi}^2 dm = \frac{1}{2}\rho^2 dm \cdot \omega^2 \quad (3.7.5)$$

Assim podemos escrever a energia cinética do corpo levando em conta a equação (3.7.3),

$$T = \frac{1}{2}\omega^2 \int \rho^2 dm = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3.7.6)$$

No nosso caso de um sistema de rotação em torno de um eixo fixo, a equação (3.7.4) leva a seguinte lei de conservação do momento angular em que a resultante dos torques externos na direção do eixo se anula.

$$\tau_z^{(ext)} = 0 \Rightarrow \boxed{L_z = I\omega = constante} \quad (3.7.7)$$

3.8 - Cálculo do momento de inércia

Um corpo homogêneo significa que sua densidade de massa é constante, ou seja, que a massa dm de um elemento de volume dV é $dm = \mu dV$, onde μ é constante. Partindo da equação (3.7.3)

$$\boxed{I = \int \rho^2 dm} \quad (3.8.1)$$

Vejamos alguns exemplos:

1) Anel circular, em torno do centro

Supomos que a massa do anel está concentrada em uma distância $\rho = R$ do seu centro (Fig.3.11), em que passa o eixo de rotação perpendicular ao plano do disco.

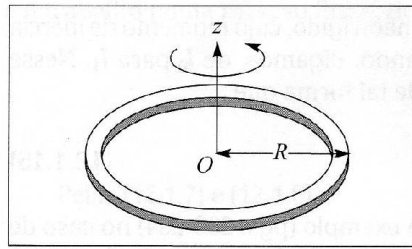


Figura 3.12 Anel Circular

$$I = R^2 \int dm \quad \boxed{I = MR^2} \quad (3.8.2)$$

onde M é a massa total do anel.

2) Disco circular, em torno do centro

Podemos imaginar o disco como sendo o somatório infinitesimal de anéis circulares com centro em O (Fig. 3.12) de raio ρ e largura $d\rho$, onde ρ varia de 0 até R.

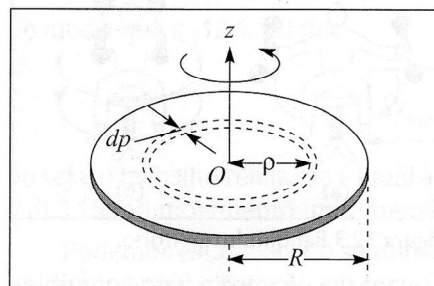


Figura 3.13 Disco circular

A massa dm de um desses anéis está para a massa M do disco assim como o volume do anel está para o volume do disco, ou seja,

$$\frac{dm}{M} = \frac{2\pi\rho d\rho}{\pi R^2} = \frac{2}{R^2} \rho d\rho \quad (3.8.3)$$

de modo que

$$I = \int \rho^2 dm = \frac{2M}{R^2} \int_0^R \rho^3 d\rho = \frac{2M}{R^2} \cdot \frac{\rho^4}{4} \Big|_0^R = \frac{2MR^4}{4R^2} \quad (3.8.4)$$

ou seja, finalmente,

$$\boxed{I = \frac{1}{2} MR^2} \quad (3.8.5)$$

3) Barra, em torno do centro

A massa dm de uma porção de comprimento $d\rho$ da barra é (fig. 3.13)

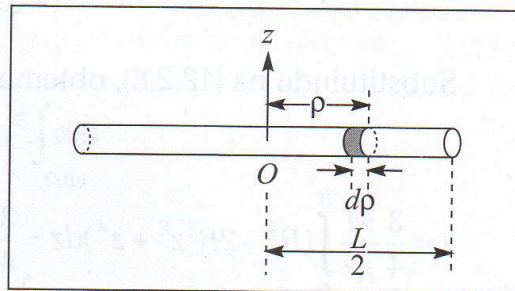


Figura 3.14 Barra

$$dm = \frac{d\rho}{L} M \quad (3.8.6)$$

onde L é o comprimento total da barra e M a massa da barra. Logo,

$$I = 2 \int_0^{L/2} \frac{M}{L} \rho^2 d\rho = \frac{2M}{L} \frac{\rho^3}{3} \Big|_0^{L/2} = \frac{2M}{3L} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^3 \quad (3.8.7)$$

onde o fator 2 é devido à igual contribuição das duas metades da barra. Sendo assim, podemos escrever o momento de inércia da barra para este caso,

$$\boxed{I = \frac{1}{12} ML^2} \quad (3.8.8)$$

Capítulo 4 - Aplicação e resultados do Produto Educacional

Nosso Produto Educacional – *OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS DE ACESSIBILIDADE* – foi aplicado pelo professor/autor desta dissertação no colégio estadual (CE) Stella Matutina situado no bairro Tanque, em Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro – RJ. A turma escolhida foi de primeira série regular do ensino médio no turno da manhã. Tendo a turma em média 35 estudantes.



Figura 4.1 Fachada do CE Stella Matutina
(Fonte: Autoria própria)

O planejamento da sequência didática da proposta de trabalho é composto por 8 encontros, cada um com dois tempos de 50 minutos, sendo um deles a aplicação do *Apêndice C: Circuitos Elétricos Simples*, também com dois tempos, logo após à apresentação do tema motivador do projeto. Por último a disputa, premiação e entrega dos diplomas aos participantes.

A turma foi dividida em 5 grupos de 7 ou 8 integrantes cada e as atividades práticas foram registradas em fotos, filmagens e as respostas em folhas, ou no próprio material

do aluno. Todas as respostas foram entregues no final de cada encontro e analisadas posteriormente pelo professor. O Planejamento da proposta de trabalho, com o apêndice de circuitos elétricos, pode ser visto na tabela 4.1. a seguir:

Tabela 4.1 Tabela com o planejamento das atividades do projeto

ENCONTROS (2 tempos cada)	ASSUNTOS
I	Capítulo 1- Apresentação e tema motivador
II	Apêndice C – Circuitos elétricos
III	Capítulo 2 – Equilíbrio de centro de massa
IV	Projeto 1 – Ventilador de uma velocidade e tipos de equilíbrio
V	Capítulo 3 - Movimento circular e sua transmissão e Projeto 2 - ventilador de três velocidades
VI	Capítulo 4 – Torque e Projeto 3 – Guindaste
VII	Projeto Final – Protótipo da cadeira de rodas elétricas
VIII	Finalização do Projeto – Disputa entre os protótipos e premiação

(Fonte: Autoria própria)

4.1 - Encontro I

No nosso primeiro encontro fizemos uma breve apresentação sobre dados estatísticos do IBGE relativo à população de deficientes físicos brasileiros. Nesse momento apresentamos uma reportagem do um site *Mobilize* (www.mobilize.org.br) sobre os problemas de acessibilidade dos cadeirantes nos transportes públicos da cidade de Teresinha – PI. Problemas esses apontados pelo texto da reportagem como, por exemplo, degraus no lugar de rampas nos terminais rodoviários, ou rampas de acesso em ônibus desniveladas.

O professor iniciou a aula lendo o texto com dados do IBGE. Posteriormente cada grupo leu a reportagem do site *Mobilize* propôs soluções para responder as atividades. Nessa etapa, o professor circulou a sala analisando a dinâmica de leitura e dos debates das soluções de cada grupo. Esta atividade teve como objetivo a reflexão e o debate pelos estudantes com seus colegas do grupo sobre os problemas enfrentados pelos cadeirantes na sociedade tanto de uma forma abrangente quanto na nossa escola em particular.

Depois de efetuar a leitura de todas as respostas dadas pelos estudantes percebemos que a maioria dos grupos foram capazes de reconhecer e enumerar alguns problemas enfrentados pelos cadeirantes.

Abaixo exemplificamos algumas das respostas dadas pelos grupos de estudantes.

O grupo A, respondeu assim:

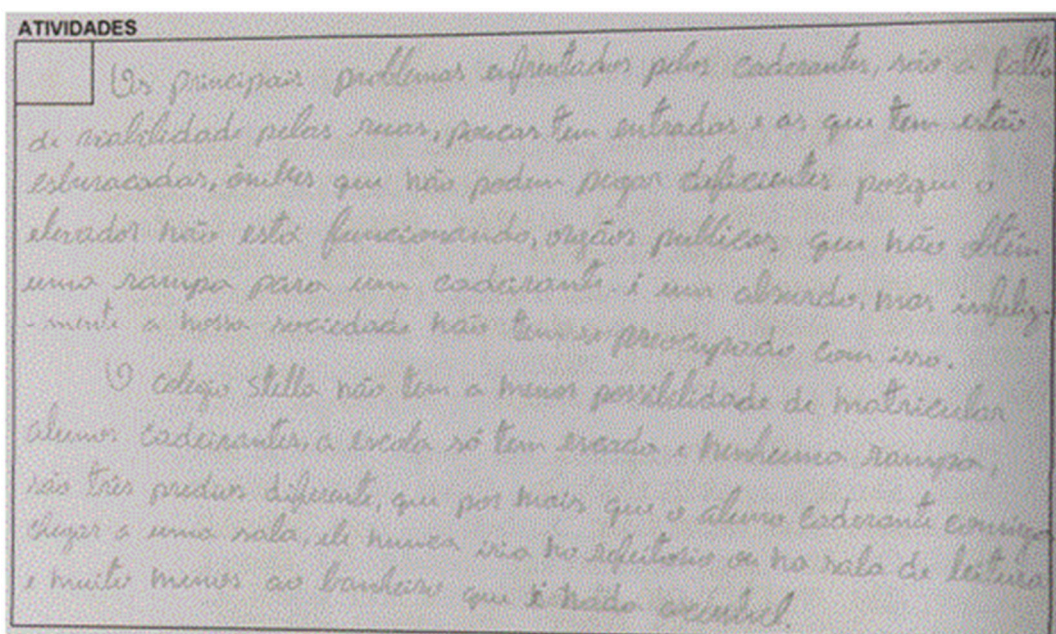


Figura 4.2 Resposta do grupo A para a atividade 1 do encontro I
(Fonte: Autoria própria)

Quadro 4: Transcrição da resposta do grupo A para a atividade 1 do encontro I

Os principais problemas enfrentados pelos cadeirantes são a falta de viabilidade pelas ruas, poucas têm entradas e as que têm estão esburacadas, ônibus que não podem pegar deficientes por que o elevador não está funcionando, órgãos públicos que não obtém uma rampa para um cadeirante é um absurdo, mas infelizmente a nossa sociedade não tem se preocupado com isso.

O colégio Stella não tem a menor possibilidade de matricular alunos cadeirantes, a escola só tem escada e nenhuma rampa, são três prédios diferentes, que por mais que o aluno cadeirante consiga chegar a uma sala, ele nunca iria no refeitório ou na sala de leitura e muito menos ao banheiro que é nada acessível.

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

Já o Grupo B, respondeu:

3

As dificuldades da vida dos cadeirantes.

Em geral a vida de um cadeirante é cheia de dificuldades. As ruas, não tem estrutura para recebê-los, inúmeros lugares não tem rampa de acesso, os transportes públicos em sua grande maioria não tem elevador para facilitar o acesso aos locais e as que têm em sua grande maioria não funcionam.

Na escola que eu frequento os problemas não são diferentes, para ter acesso ao prédio é necessário subir uma ladeira bem íngreme. O prédio é cheio de escadas e não tem rampas sendo assim, não há como chegar às salas.

Figura 4.3 Resposta do grupo B para a atividade 1 do encontro I
(Fonte: Autoria própria)

Quadro 5: Transcrição da resposta do grupo B para a atividade 1 do encontro I

As dificuldades da vida dos cadeirantes

Em geral a vida de um cadeirante é cheia de dificuldades. As ruas não tem estrutura para recebê-los, inúmeros lugares não têm rampa de acesso, os transportes públicos em sua grande maioria não têm elevadores para facilitar o acesso aos locais e as que têm em sua grande maioria não funcionam.

Na escola que nós frequentamos os problemas não são diferentes, para ter acesso ao prédio é necessário subir uma ladeira bem íngreme. O prédio é cheio de escadas e não tem rampas sendo assim, não há como chegar às salas.

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

O importante é fornecer condições para que os alunos não apenas leiam os textos sugeridos, mas também possam estabelecer conexões entre o que estão lendo e os conhecimentos de suas experiências anteriores, valorizando assim os conhecimentos prévios dos estudantes e incentivando o debate sobre o tema abordado.

“..., pode ser aplicada no início da apresentação de um tema, como incentivo à discussão,...” (SASSERON e MACHADO, 2017. P.83)

Notamos pelas respostas que os estudantes citam vivências pessoais próximas das suas realidades, como por exemplo: o transporte público, os calçamentos das ruas, e as rampas de acessibilidades em locais públicos. Isso fica evidente no trecho do grupo A.

Quadro 6: Transcrição da resposta do grupo A.

...a falta de visibilidade pelas ruas, poucas têm entradas e as que têm estão esburacadas, ônibus que não podem pegar deficientes por que o elevador não está funcionando,

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

Já o grupo B, respondeu mencionando problemas parecidos.

Quadro 7: Transcrição da resposta do grupo B.

As ruas não têm estrutura para recebê-los, inúmeros lugares não têm rampa de acesso, os transportes públicos em sua grande maioria não têm elevadores para facilitar o acesso aos locais.

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

Podemos destacar que este tipo de questão possibilitou que os estudantes fizessem uma reflexão sobre as dificuldades de locomoção dos cadeirantes e a inadequação do espaço escolar para recebê-los. Este tipo de atividade cumpre a importante função de despertar a empatia e sensibilizar os estudantes com as dificuldades enfrentadas pelos cadeirantes na sociedade e mais especificamente no seu ambiente escolar. Deste modo este tipo de atividade cria condições para o desenvolvimento da sensibilidade moral dos estudantes, característica fortemente desejada por pesquisadores que utilizam elementos de uma abordagem CTS para promoção da Alfabetização Científica de todos os estudantes (PENHA e CARVALHO, 2013).

Na segunda atividade os estudantes são incentivados a buscarem os problemas de acessibilidade nas imagens fornecidas, veja a figura 4.4.

Após o debate com seu grupo sobre os problemas de acessibilidade mencionados no texto da reportagem, aponte os problemas enfrentados pelos cadeirantes nas fotos seguintes.



Figura 4.4 Atividade proposta aos grupos
(Fonte: Autoria própria)

Nessa atividade os estudantes reconheceram problemas mais diretos e pontuais da acessibilidade dos cadeirantes. Vejam a resposta dos estudantes de um dos grupos transcrita a seguir da folha de resposta, figura 4.5

2
As fotos na folha mostram situações que na verdade não ajudam em nada. Na primeira foto, o cadeirante tenta passar por uma via exclusiva, porém a mesma está cheia de buracos. Em outras fotos, mostra rampas que deveriam facilitar o acesso, mas as rampas são muito íngremes e não é possível subir sem ajuda.
E tem também um rapaz tentando subir no ônibus, porém a rampa do elevador está quebrada.

Figura 4.5 Resposta dos estudantes para a atividade 2 do encontro I
(Fonte: Autoria própria)

Quadro 8: Transcrição da resposta de um dos grupos.

As fotos na folha, mostram “soluções” que na verdade não ajudam em nada. Na primeira foto, o cadeirante tenta passar por uma via exclusiva, porém a mesma está cheia de buracos. Em outras fotos, mostra a rampas que deveriam facilitar o acesso, mas as rampas são muito íngremes e não é possível subir sem ajuda. E tem também um rapaz tentando subir no ônibus, porém a rampa do elevador está quebrada.

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

Percebemos que na elaboração das respostas escritas sobre esta temática, os diferentes grupos de estudantes tiveram oportunidade de relatar as ideias e argumentos que surgiram durante a realização destas atividades, organizando as informações, selecionando e justificando as ideias que seriam apresentadas. Deste modo a colocação destas questões que abordam esta temática estão de acordo com nossos objetivos declarados anteriormente de promoção da Alfabetização Científica dos estudantes.

4.2 - Licitação das cadeiras de rodas elétricas

Na sequência da aula os estudantes assistiram a dois pequenos vídeos sobre as dificuldades de acessibilidade na cidade do Rio de Janeiro, uma cidade olímpica. O primeiro vídeo mostrava que meses antes da realização das olimpíadas do Rio de Janeiro de 2016, os problemas de acessibilidade do centro da cidade, pontos turísticos e locais de realização dos jogos, como por exemplo, o estádio Mário Filho, conhecido como Maracanã. Já o segundo vídeo abordava problemas do dia a dia de cadeirantes como acessibilidade de locais públicos, como a estação do metrô, dentre outros.

Com a inserção dos alunos na problemática de acessibilidade dos cadeirantes propomos um desafio que foi uma temática fictícia. Imaginemos os estudantes como projetistas de empresas, sendo cada grupo uma das cinco empresas finalistas no processo de licitação feita pelo governo federal. A concorrência entre as empresas era para construção de milhares de cadeiras de rodas elétricas. Na etapa final dessa concorrência as empresas (grupos) tiveram que construir protótipos de cadeiras de rodas elétricas obedecendo alguns critérios estabelecidos no edital da licitação que esta representada na figura 4.6.

Vamos construir uma cadeira de roda motorizada?

LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

IMAGINE que você é o projetista chefe de uma empresa que foi convidada por uma instituição filantrópica chamada Associação dos Amigos Deficientes Físicos – RJ (AADEF-RJ), para participar de uma licitação para a construção de muitas cadeiras de rodas elétricas num período de 5 anos, podendo chegar a mais de 10mil cadeiras, para os deficientes de locomoção que estão inscritos no programa social do governo que distribui cadeiras de rodas elétricas para pessoas desprovidas de condições financeiras e que se enquadram no perfil social do programa.



Seis empresas foram selecionadas dentre mais de 200 inscritas no lançamento da licitação, sendo que nessa fase final será escolhida apenas uma empresa para a construção de todas as cadeiras. Nessa última fase da licitação as seis empresas restantes produzirão um protótipo de uma cadeira de rodas elétrica que será avaliada pela comitiva, escolhendo a empresa campeã.

Deste modo você e seus colegas de grupo deverão atuar como representantes de um grupo de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa fictícia que participa desta licitação. Deverão elaborar um projeto e construir o protótipo de uma cadeira de rodas elétrica. Nesta etapa final da licitação

Serão avaliados quesitos como:

- 1) **Velocidade** – A velocidade que poderá atingir a cadeira.
- 2) **Rampa** – A potência da cadeira no transporte de diferentes massas e em diferentes rampas de inclinação.
- 3) **Estabilidade e direcionamento** – Estabilidade da cadeira no plano e na rampa e direcionamento em trajetória retilínea.
- 4) **Estética, dimensionamento, acabamento e funcionamento** – A beleza e harmonia da cadeira e seus acessórios essenciais, avaliando se as dimensões da cadeira estão dentro ou próxima do padrão. Avaliando também se a cadeira funciona normalmente ao ligar a chave interruptora.

Figura 4.6 Licitação dos protótipos de cadeiras de rodas elétricas
(Fonte: Autoria própria)

Nessa etapa o professor utilizando uma abordagem dialógica, procurando destacar para os estudantes os conhecimentos que seriam necessários para se elaborar um projeto que seja bem sucedido. Assim o professor foi construindo com os estudantes os aspectos que devem ser observados no projeto e evidenciando os conceitos físicos que estão envolvidos para a elaboração do mesmo. A forma de abordagem do professor nesse momento é muito importante, já que ele é o representante da cultura científica e o responsável por relacionar as etapas e dificuldades de elaboração do projeto com os conhecimentos técnicos e científicos que serão necessários para realizá-lo.

Ao elaborar a transcrição das atividades *LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS*, percebemos que surgiram na fala dos estudantes termos como: potência, mecânica, eletricidade e velocidade entre outros. O professor questionou os estudantes sobre

movimento circular, já que este tópico não surgiu nas falas dos estudantes. Os alunos concordaram que movimento circular é um conhecimento necessário. Após essa inserção os grupos foram convidados a darem nomes as suas empresas para a licitação em questão.

Ao final o professor apresenta um roteiro das etapas e dos conteúdos que devem ser estudados nas próximas aulas para que os estudantes consigam melhor elaborar o projeto para participação desta “licitação fictícia”.

4.3 - Encontro II

No segundo encontro trabalhamos um dos conhecimentos que surgiram como necessários para ser um projetista, a eletricidade. Por ser um tópico de uma maior abstração que os temas da mecânica, previsto para as séries iniciais do Ensino Médio. Escolhemos uma sequência didática já elaborada e aplicada a anos nos cursos de física do Colégio de Aplicação da UFRJ. Material exposto no *Apêndice C: Circuitos Elétricos Simples*¹⁰ que discutimos ligações simples de circuitos elétricos.

Os estudantes leram o texto inicial do Apêndice C, no qual foram trabalhados conceitos básicos como o fornecimento de energia pela bateria e como o interruptor pode ligar e desligar a lâmpada, interrompendo a corrente elétrica no fio condutor. Os estudantes iniciam com a atividade representada na figura 4.7.

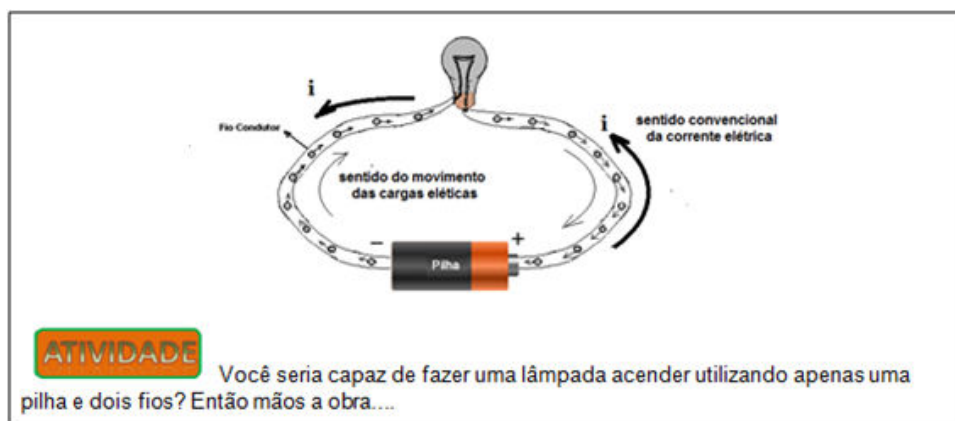


Figura 4.7 – Primeira atividade do *Apêndice C*.
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

¹⁰ Material adaptado do projeto **OFICINAS DE ASSIONAMENTO E ROBÓTICA** desenvolvimento no Grupo de Pesquisa do Laboratório Didático de Ensino de Física do Colégio de Aplicação da UFRJ (LaDEF-UFRJ).

Para realização desta atividade os estudantes trabalharam com o grupo de forma colaborativa para conseguirem executar a atividade proposta. A figura 4.8 mostram os grupos de estudantes resolvendo o desafio proposto.

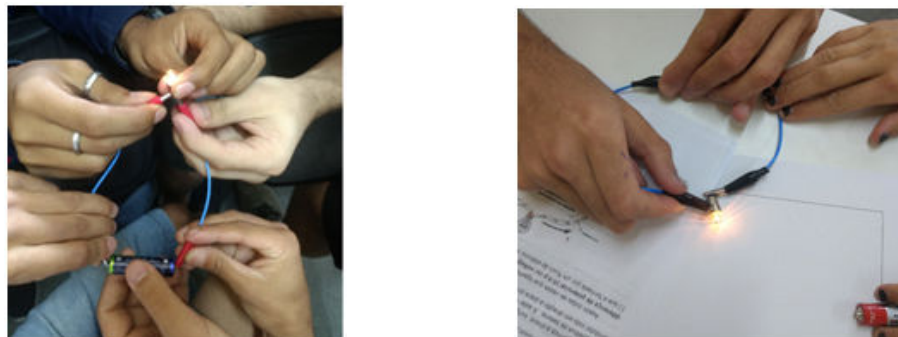


Figura 4.8 Estudantes ligando a lâmpada no primeiro desafio do encontro II
(Fonte: Autoria própria)

Na sequência das atividades do Apêndice C é apresentado aos estudantes alguns componentes básicos para a montagem de um circuito elétrico como fios condutores, interruptores, baterias dentre outros. A tabela contendo estes componentes apresenta uma descrição de sua função, a forma de sua representação e alguns conceitos relacionados ao sentido da corrente elétrica, como mostra a figura 4.9.



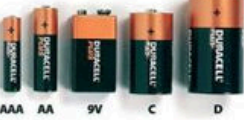
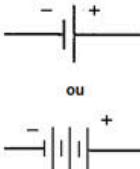


Elemento	Características	Símbolo
a) Fios condutores 	<p>São geralmente constituídos de uma parte central metálica recoberta de material isolante. E através destes componentes que as cargas elétricas (corrente elétrica) é transportada pelas diferentes partes do circuito elétrico.</p>	
b) Bateria, Pilhas ou Geradores 	<p>São os dispositivos que fornecem a energia elétrica aos circuitos. Nas pilhas e baterias ocorre reações químicas de oxidação de diferentes metais que transformam a energia potencial das ligações químicas em energia potencial elétrica. Os geradores eletromagnéticos utilizam propriedades magnéticas para transformar basicamente a energia do movimento em energia elétrica.</p>	
c.1) Chave e Interruptores 	<p>Existem vários tipos de chaves e interruptores. Elas servem para ligar e desligar os circuitos. São feitas de material condutor e geralmente possuem uma parte móvel para estabelecer contato elétrico entre seus terminais.</p>	

Figura 4.9 – Alguns componentes básicos para montagem de um circuito elétrico
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

O conhecimento de equipamentos elétricos/eletrônicos e como a comunidade científica os representam é importante já que um dos principais objetivos da nossa sequência didática é promover a Alfabetização Científica dos estudantes.

Na sequência os estudantes foram desafiados a representar o circuito 1 (fig. 4.10) e responder à pergunta, como está na figura 4.11. Na sequência montaram os circuitos com material fornecido pelo professor, composto por fios, pilhas, suporte de pilhas, lâmpadas, bocais, fusível, porta fusível e interruptor.

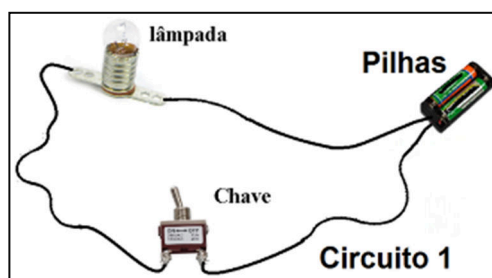


Figura 4.10 Circuito 1- ligação simples com interruptor
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

ATIVIDADE

a) Utilizando os símbolos padronizados faça a representação esquemática para o circuito 1 mostrado na figura acima contendo fios, duas pilhas e uma lâmpada. **ANTES DE MONTAR O CIRCUITO**
Obs.: Quando fazemos a representação de um circuito devemos representa-lo sempre como se estivesse desligado (produto na prateleira da loja)

b) Utilizando os componentes adequados MONTE o circuito acima. (Identifique juntamente com os membros do seu grupo o percurso real da corrente elétrica)

Figura 4.11 Atividade da montagem de circuito 1
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

Na atividade seguinte o circuito 2 (fig. 4.12) proposto foi com duas lâmpadas em série e um interruptor, desejando que os mesmos percebam diferenças na forma de ligações dos componentes do circuito, diferenciando o brilho das lâmpadas ou mesmo o funcionamento adequado do interruptor.

ATIVIDADE

Ao lado vemos o esquema de duas pilhas que alimentam duas lâmpadas. C é a chave interruptora e F é um fusível. A diferença de potencial entre os terminais das pilhas é de 3V.

- Faça um diagrama esquemático do circuito 2, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, indicando o sentido convencional da corrente.
- MONTE o circuito da figura com os componentes adequados

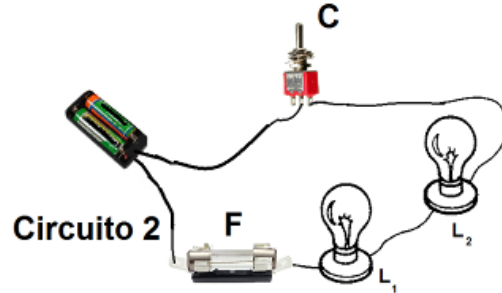


Figura 4.12 Atividade da montagem de circuito 2
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

Podemos verificar na figura 4.13, que os estudantes foram capazes de representar de uma forma razoável os circuitos utilizando os símbolos de resistência ou lâmpada, chave interruptora, fonte geradora ou bateria e o fusível.

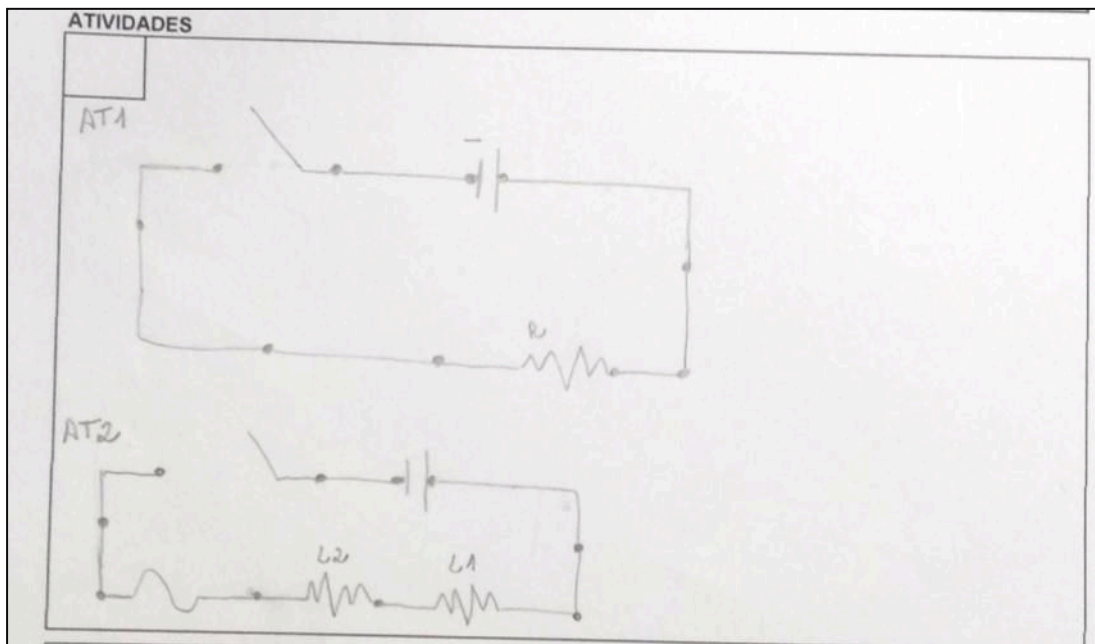


Figura 4.13 Respostas do Grupo B para as atividades dos circuitos 1 e 2
(Fonte: Autoria própria)

Após o desenho de cada circuito e suas respectivas respostas das questões os estudantes receberam os equipamentos de eletricidade, como fios, lâmpadas, pilhas, interruptores e bocais. Assim eles montaram os circuitos e verificaram as suas respectivas respostas, veja na figura 4.14.

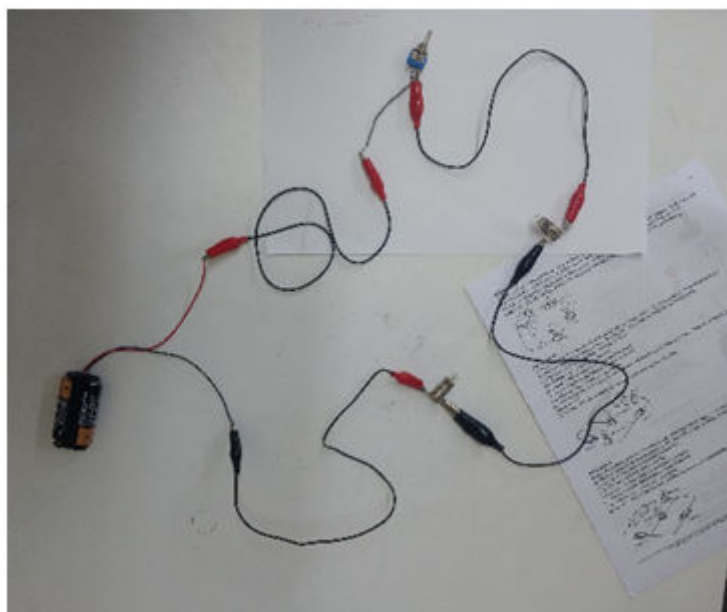


Figura 4.14 O circuito 2 montado pelos estudantes
(Fonte: Autoria própria)

O circuito 3 (figura 4.15) tem como um dos intuitos diferenciar uma ligação de duas lâmpadas em paralelo com a ligação em série do circuito anterior (circuito 2).

ATIVIDADE

A figura mostra um circuito elétrico composto por duas pilhas, duas lâmpadas, duas chaves e fios.

- Faça um diagrama esquemático do circuito 3, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, utilizando os símbolos padronizados.
- Diga que lâmpadas estarão acesas quando:
 - As chaves 1 e 2 estiverem abertas
 - A chave 1 estiver aberta e a chave 2 fechada
 - A chave 1 estiver fechada e a chave 2 aberta
 - As chaves 1 e 2 estiverem fechadas
- Identifique no seu próprio diagrama em que posição deverá ser colocado um fusível para que toda a corrente do circuito passe por ele.
- MONTE o circuito 3 e verifique se suas respostas estão corretas.

Circuito 3

Figura 4.15 Atividade da montagem de circuito 3
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

Percebemos, pelas respostas dadas pelos estudantes, que o conceito de funcionamento do interruptor aberto/fechado é um conceito complexo para o entendimento dos alunos. Porém os mesmos responderam que com todos os interruptores fechados a corrente circula por todas as lâmpadas, deixando-as acessas, ver figura 4.16.

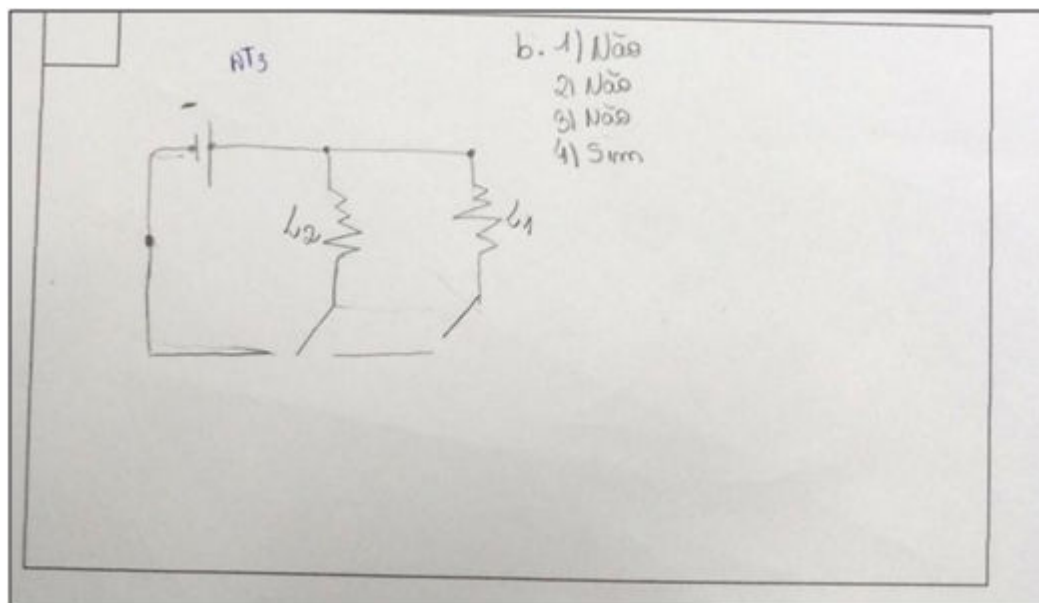


Figura 4.16 A resposta do grupo B para o circuito 3
(Fonte: Autoria própria)

Nessa etapa o intuito desejado foi alcançado em parte, pois na análise das evidências entendemos que os estudantes não conseguiram perceber as diferenças de quando ligamos um interruptor em série com todo o circuito com a ligação em paralelo com parte do circuito.

No circuito 4 (Figura 4.17) os estudantes continuaram com as mesmas percepções do funcionamento do interruptor. Pelas respostas percebemos que eles conseguiram representar de forma legível e usando os símbolos padronizados para a representação do circuito elétrico, como vemos na figura 4.18.

ATIVIDADE

A figura apresentada é um esquema onde duas lâmpadas são ligadas a duas pilhas e duas chaves.

- Faça um diagrama esquemático do circuito 4, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, utilizando os símbolos padronizados.
- Diga que lâmpadas estarão acesas quando:
 - As chaves 1 e 2 estiverem abertas
 - A chave 1 estiver aberta e a chave 2 fechada
 - A chave 1 estiver fechada e a chave 2 aberta
 - As chaves 1 e 2 estiverem fechadas.
- MONTE o circuito 4 da figura e verifique se suas respostas estão corretas

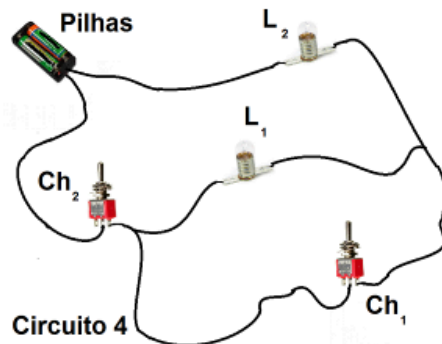


Figura 4.17 Atividade da montagem de circuito 4
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

ATIVIDADES

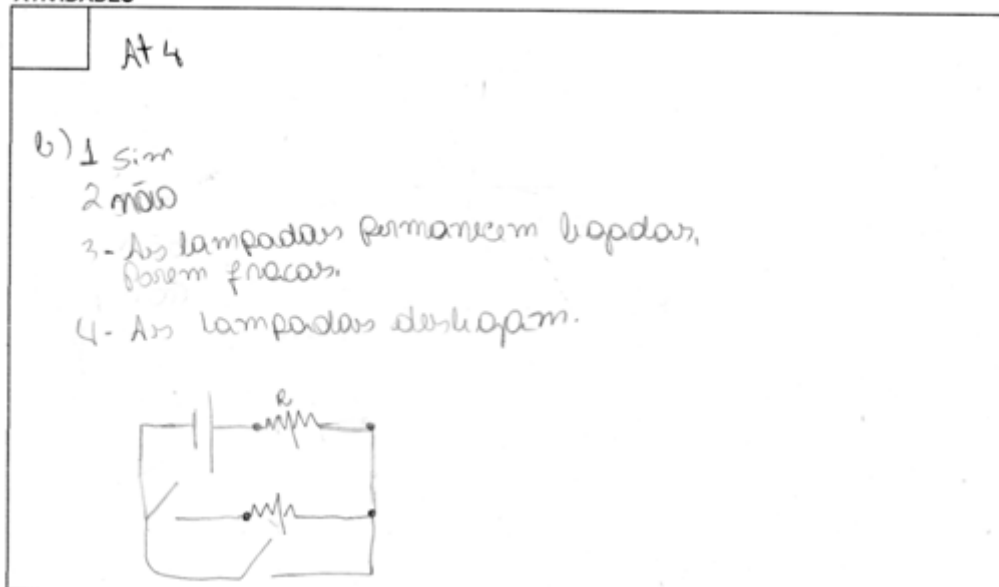


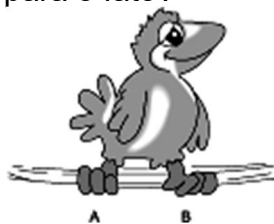
Figura 4.18 A resposta do grupo B para o circuito 4
(Fonte: Autoria própria)

Continuando nossa sequência didática, propomos aos alunos exercícios teóricos. A análise das respostas fornecidas nos possibilitou avaliar a capacidade dos estudantes em resolver atividades de papel e lápis:

a) Os estudantes compreenderam conceitos simples de eletricidade como na questão 2 (fig. 4.19), em que teve um grande número de acertos. Para a conclusão da questão foi

necessário o entendimento de se ter uma diferença de potencial para que ocorra a circulação de corrente elétrica.

2) (PUC-SP¹) Os passarinhos, mesmo pousando sobre fios condutores desencapados de alta tensão, não estão sujeitos a choques elétricos que possam causar-lhes algum dano. Qual das alternativas indica uma explicação correta para o fato?

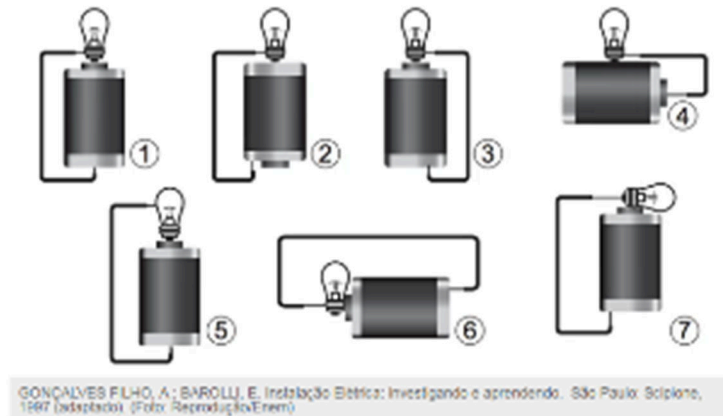


- (A) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) é quase nula.
- (B) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) é muito elevada.
- (C) A resistência elétrica do corpo do pássaro é praticamente nula.
- (D) O corpo do passarinho é um bom condutor de corrente elétrica.
- (E) A corrente elétrica que circula nos fios de alta tensão é muito baixa.

Figura 4.19 Questão 2 de papel e lápis
(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

b) Notamos, pelas respostas em sala dos estudantes nas questões 1 (fig. 4.20) e 4 (fig. 4.21), que eles reconheceram as ligações de uma lâmpada incandescente, a polaridade da fonte de alimentação (pilha) e como devem ser ligadas num circuito. Obtendo um número de acertos alto em relação às outras questões, exceto à questão 2, que foi a questão com maior número de acerto.

- 2) (ENEM) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



- (A) (1), (3), (6)
 (B) (3), (4), (5)
 (C) (1), (3), (5)
 (D) (1), (3), (7)
 (E) (1), (2), (5)

Figura 4.20 Questão 1 de papel e lápis

(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

- 1) (ENEM) Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que e:

- (A) o fluido elétrico se desloca no circuito.
 (B) as cargas negativas móveis atravessam o circuito
 (C) a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
 (D) o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
 (E) as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Figura 4.21 Questão 4 de papel e lápis

(Fonte: Apêndice C – Circuitos Elétricos Simples)

4.4 - Encontro III

No 3º encontro trabalhamos o equilíbrio dos cadeirantes e os problemas diários que eles sofrem. No início da aula mostramos uma foto de uma rampa de acessibilidade ao cadeirante com inclinação muito alta inserindo os estudantes no contexto social desejado.

Logo após os estudantes assistiram a um recorte de um vídeo (aproximadamente 4 min) de esportes radicais com cadeiras de rodas, conhecido como HardCore Sitting, em que os cadeirantes praticam esportes radicais nas rampas de skate, rampas de saltos dentre outros obstáculos. O vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=a60EMJ5BHsQ>) mostrou as potencialidades dos cadeirantes na prática de atividades desportivas radicais e como elas estimulam habilidades motoras de equilíbrio e promovem o bem-estar físico e psicológico dos cadeirantes.

Destacando as dificuldades associadas ao movimento e ao equilíbrio apresentado neste vídeo, desafiamos os estudantes com um questionamento sobre a diferença do equilíbrio do ponto material com o equilíbrio do corpo extenso, como mostrado na figura 4.22.

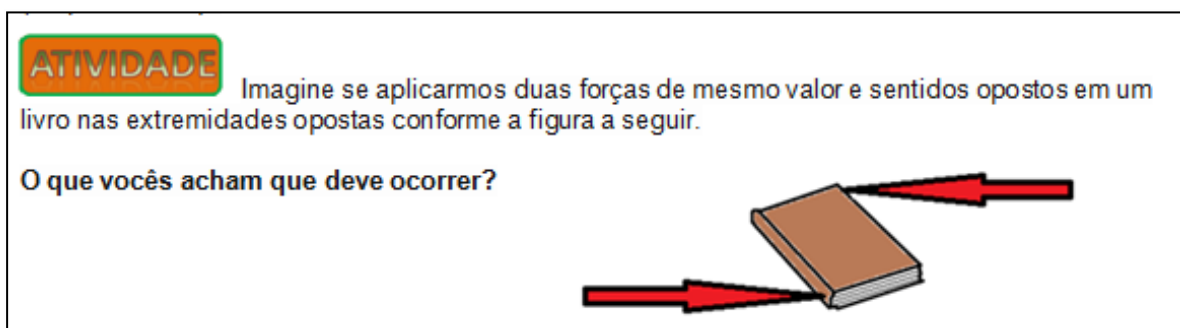


Figura 4.22 Prática inicial de equilíbrio do corpo extenso
(Fonte: Produto Educacional)

Com a turma ainda disposta como um grande grupo os alunos responderam que o livro iria “girar”. Nesse momento os mesmos perceberam que duas Forças de mesmo módulo atuando em sentidos opostos podem provocar “giro” no objeto estudado.

4.4.1 Brincando de Equilibrista

Na sequência os estudantes foram convidados para a atividade *BRINCANDO DE EQUILIBRISTA*, que consistia em equilibrar os seguintes objetos: a) uma moeda de

1,00 real; b) um prato de plástico duro; c) um caderno de capa dura; e d) uma vassoura de piaçava.

Nessa atividade os alunos foram desafiados a marcar sobre a superfície do objeto (utilizando uma canetinha hidrocor), o ponto onde seria possível equilibrar com um único dedo cada objeto na horizontal. Na sequência conferiram suas escolhas e escreveram se obtiveram sucesso ou não. Explicando o porquê não conseguiam o equilíbrio, sendo um processo de ensino investigativo (SASSERON e MACHADO, 2017)

“[...]os estudantes se engajam na interpretação, discussão, criação de hipóteses, verificação de suposições, debate de ideias, refutações, justificativas, entre outras incursões, como parte do processo de argumentação. Essa etapa é tipicamente a etapa do processo de investigação”. (SASSERON e MACHADO, 2017 p.50)

Os grupos conseguiram equilibrar a moeda e o prato com certa facilidade, porém o caderno de capa dura e a vassoura foram os objetos em que os estudantes tiveram maiores dificuldades, como podemos perceber na resposta do grupo C, transcrita a seguir da folha de resposta na figura 4.23.

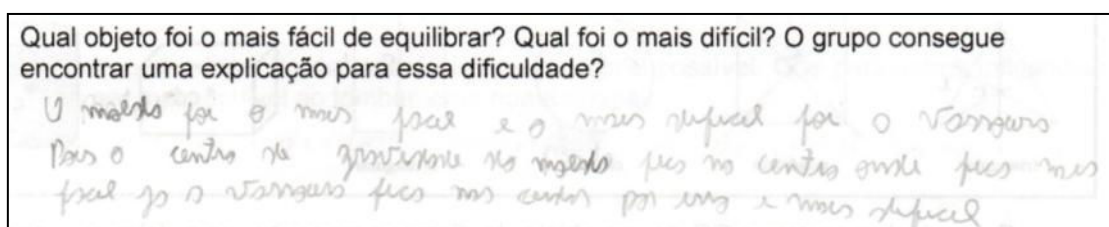


Figura 4.23 Resposta do Grupo C na atividade *BRINCANDO DE EQUILIBRISTA* (Fonte: Autoria própria)

Quadro 9: Transcrição da resposta de um dos grupos.

A moeda foi mais fácil e o mais difícil foi a vassoura. Pois o centro de gravidade na moeda fica no centro onde fica mais fácil, já a vassoura fica nas cerdas, por isso é mais difícil.

(Fonte: Folha de resposta dos estudantes)

Nesse momento da sequência didática incluímos no vocabulário o termo Centro de Massa (CM), transparecendo que o ponto de equilíbrio é o nosso centro de massa. Para isso os estudantes com seus respectivos grupos leram um breve texto sobre Centro de Massa e exemplo de um equilibrista circense. Além dos centros de massas de figuras regulares com distribuições de massas homogêneas.

Como a vassoura é o único objeto com distribuição de massa não homogênea, por isso estudaremos na sequência com os alunos através da atividade: *Encontrar o Centro de Massa (ou Centro de Gravidade) da vassoura*. Nessa etapa foram feitas duas perguntas, conforme a figura 4.24.

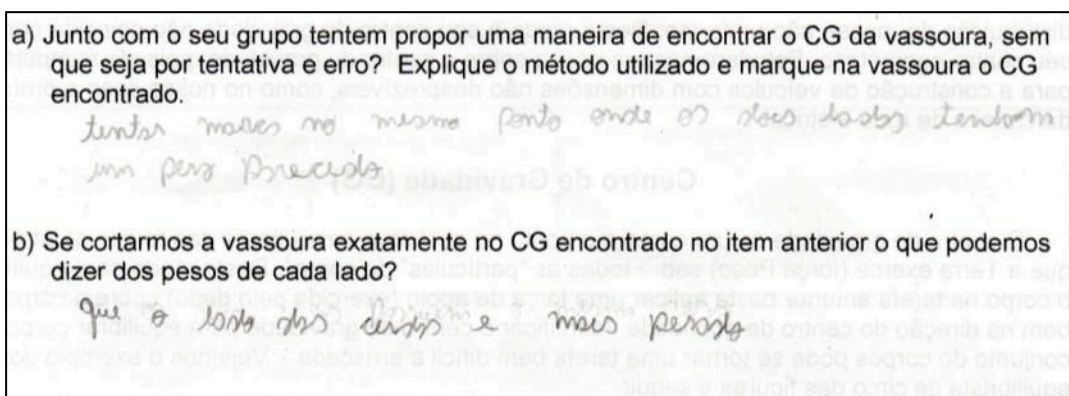


Figura 4.24 Respostas do grupo C sobre o CG da vassoura
(Fonte: Autoria própria)

Obtivemos as respostas que estão transcritas a seguir através do material do grupo C

- a) *Tentar marcar no mesmo ponto onde os dois lados tenham um Peso parecido.*
- b) *Que o lado das cerdas é mais pesado*

O grupo respondeu verbalmente que ambos os lados tinham o mesmo Peso. Após o professor cortar a vassoura e medir ambos os lados da vassoura, confirmando que o lado da piaçava é mais pesado que o outro lado os estudantes repensaram a resposta anterior, tendo a necessidade de elaborar uma nova hipótese que possa melhor descrever o que estava ocorrendo. Deste modo esta atividade se mostrou potencialmente rica em promover os desejados “Conflitos Cognitivos” descritos na teoria do Desenvolvimento Cognitivo proposta por PIAGET (1978, apud CARVALHO, 2008).

“A Teoria da Equilíbrio Piagetiana fornece uma estrutura que nos parece capaz de abarcar os vários aspectos da questão de saber como o estudante melhora suas noções, construindo o conhecimento. Segundo esta teoria, todo indivíduo possui um sistema cognitivo que funciona por um processo de adaptação

(assimilação/acomodação) que é perturbado por conflitos e lacunas, reequilibrando-se por meio de compensações”.
(CARVALHO, 2008 p.10)

Este tipo de atividade desencadeia o processo de Equilibração, na qual o estudante deve assimilar e acomodar este novo conhecimento que será promotor de seu desenvolvimento (CARVALHO, 2008).

4.4.2 Tombamento de corpos extensos num plano

A próxima atividade teve o intuito de que os estudantes percebessem os parâmetros relevantes no equilíbrio de um corpo extenso como o bloco de madeira e como é relevante a inclinação da rampa para o seu equilíbrio. Sendo assim faremos a atividade Tombamento de um bloco de madeira numa rampa. Nessa atividade os estudantes são convidados a investigar os parâmetros relevantes no equilíbrio de um corpo extenso numa rampa. Para a atividade são distribuídos blocos de madeira, conforme a foto (figura 4.25) e os estudantes utilizaram o próprio caderno de capa dura para ser a rampa. No caso eles mediram a altura e a base e com o uso de calculadora acharam o ângulo usando a relação da tangente, que é a razão do cateto oposto pelo cateto adjacente.

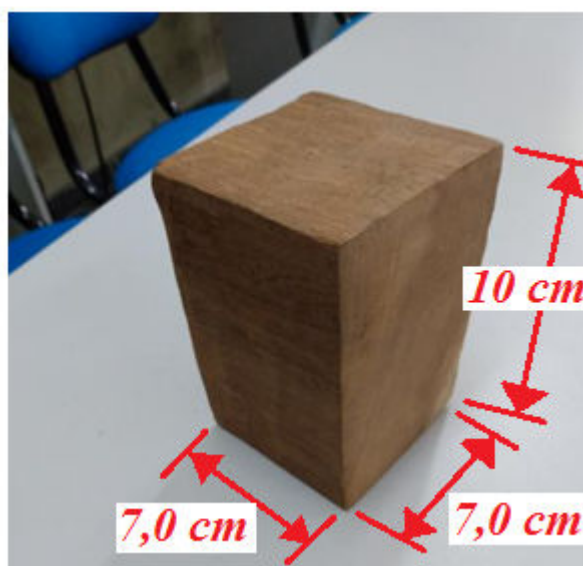


Foto 4.25: Bloco de madeira
(Fonte: Autoria própria)

Na atividade em destaque na figura 4.26 podemos verificar as respostas do grupo B. No item b) notamos que os estudantes concluíram que a inclinação da rampa é um ponto

importante para o equilíbrio do bloco, já que para inclinações altas ela pode tombar. O mesmo grupo encontrou o ângulo de inclinação de 30°.

ATIVIDADE **TOMBAMENTO DA "CADEIRA" NUMA RAMPA**

Agora faremos uma atividade de equilíbrio das nossas "cadeiras" (blocos de madeira).

a) Conseguiríamos encontrar o CG? Marque o CG encontrado pelo grupo. Descreva como o grupo o fez para encontrar o CG.
Sim, testando os ângulos e as alturas em que fica equilibrado.

b) Queremos que a "cadeira de rodas" seja mais estável possível. Que parâmetros influenciam para ela ser mais estável ao tombamento numa rampa?
O peso ser distribuído igual, a rampa não ser tão inclinada

c) Qual o ângulo máximo, em graus, a nossa "cadeira de rodas" consegue ficar numa rampa?
30°

Figura 4.26 Respostas do grupo B para a Atividade Tombamento da "cadeira" numa rampa (Fonte: Autoria própria)

Os estudantes conseguiram perceber alguns parâmetros relacionados ao equilíbrio do corpo extenso como, por exemplo, o ângulo da rampa e a posição do centro de massa. Como vimos na resposta do grupo B anterior. Os conhecimentos de equilíbrio são de extrema importância para nosso projeto, por isso todas essas atividades antecederam a construções que faremos de equipamentos daqui em diante. A próxima etapa é de extrema importância na nossa sequência didática, pois os grupos de alunos trabalham com materiais mecânicos de construção e passam a ser os projetistas dos equipamentos propostos nas atividades.

4.5 - Encontro IV

4.5.1 - Projeto 1: ventilador de 1 velocidade

O primeiro equipamento que os estudantes foram desafiados a construir foi o ventilador de 1 velocidade. O intuito dessa atividade investigativa é que os estudantes fiquem familiarizados com o material experimental e compreendam conceitos de ligação simples de um motor elétrico e cinemática de rotação. Para essas construções os

alunos receberam estruturas mecânicas produzidas pelo autor dessa dissertação e outras compradas pela escola de uma empresa se chamada *Modelix* (www.modelix.com.br). Na foto (figura 4.27) temos algumas peças do material que foi utilizado.



Figura 4.27 Estruturas mecânicas de montagem utilizadas no projeto
(Fonte: Autoria própria)

Nessa construção os estudantes tiveram a liberdade de planejar e executar a construção do ventilador de 1 velocidade da forma que o grupo achou mais conveniente. Por ser um momento crucial o professor orientador verificou as dinâmicas dos grupos aos responderem as três perguntas sobre os ventiladores construídos.

- a) *Está funcionando adequadamente?*
- b) *Possui estabilidade? A estabilidade o ventilador será afetada colocando sobre um plano inclinado. Mexeremos a mesa em que o ventilador está para saber se ele tomba.*
- c) *Tem uma boa estética?*

Quanto ao funcionamento, todos os ventiladores funcionaram adequadamente, ou seja, os estudantes responderam para o item a) *SIM*. No item b) a resposta em sua maioria obtida foi de possuir estabilidade, porém algumas justificativas chamaram atenção, como a do grupo D (figura 4.28) que menciona a importância de uma base plana e reta para a estabilidade de uma estrutura. Isso mostra evidências que os estudantes compreenderam a importância da base no equilíbrio. Sabemos que a área da base e o formato dela são importantes para uma boa estabilidade, portanto a

preocupação com a base para obter um ventilador estável também é mencionada pelo grupo.

b) Possui estabilidade? A estabilidade do ventilador será aferida colocando sobre um plano inclinado. Mexeremos a mesa em que o ventilador está para saber se ele tomba.
Sim, sobre uma superfície plana, estonquea e uma estrutura reta sustentando o motor e as hélices.

Figura 4.28 Resposta do item b) no Projeto 1: ventilador de mesa com 1 velocidade
(Fonte: Autoria própria)

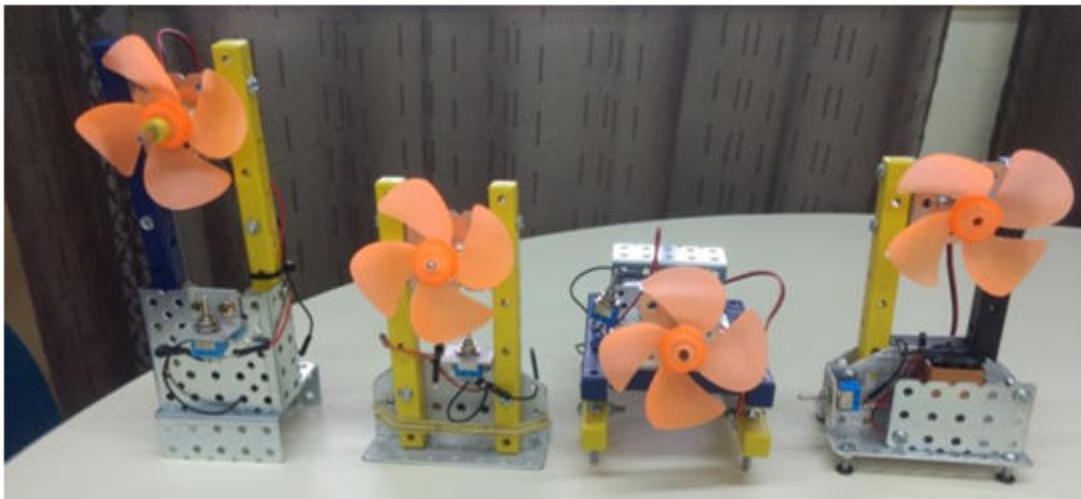


Figura 4.29 Ventiladores produzidos pelos grupos
(Fonte: Autoria própria)

4.5.2 - Tipos de equilíbrio

Desenvolvemos uma atividade com os estudantes sobre os tipos de equilíbrio e de como a posição do centro de massa (ou centro de gravidade) interfere diretamente no equilíbrio dos corpos extensos. Nessa atividade desafiamos os grupos a equilibrar na ponta do dedo uma rolha com um prego no centro, na sequência os estudantes foram desafiados a equilibrar a mesma rolha com dois garfos espetados nas laterais da rolha (como mostrado na figura abaixo). Na figura 4.30 podemos ver como os estudantes e escreveram suas conclusões sobre os equilíbrios.

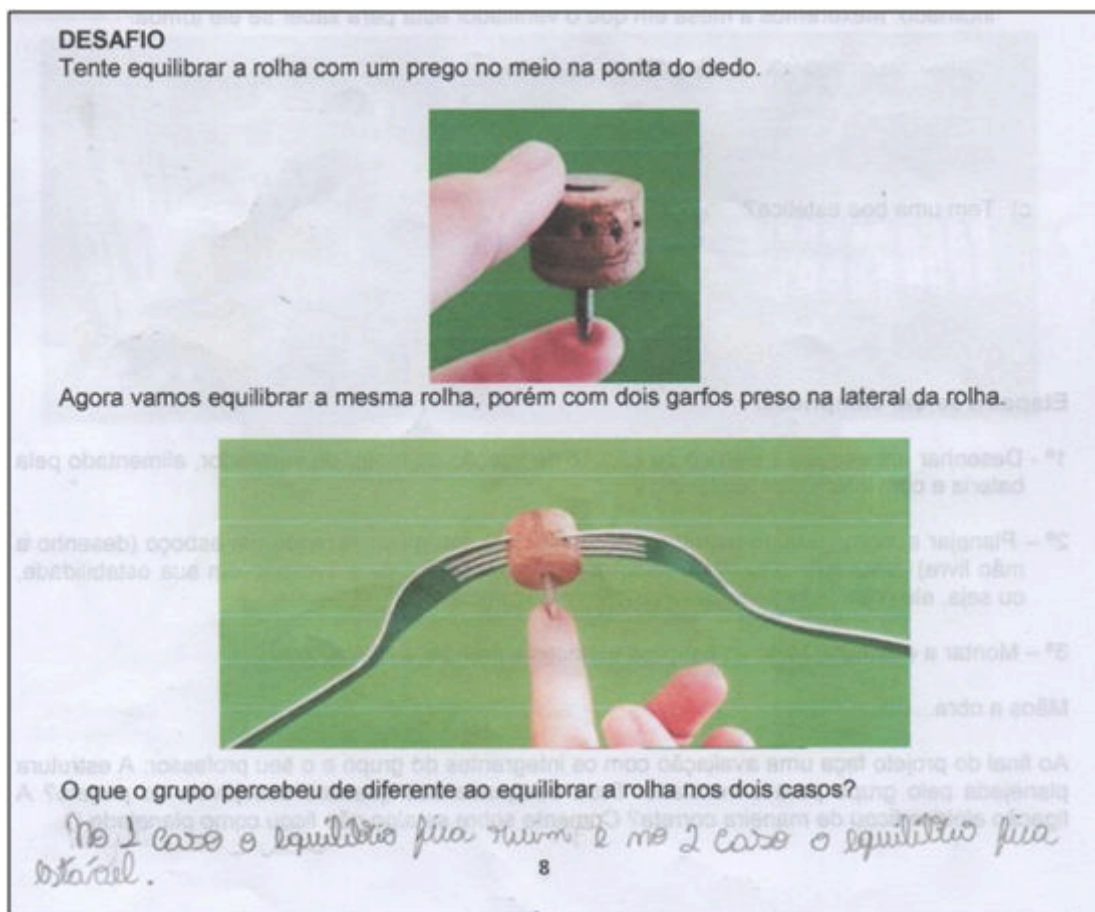


Figura 4.30 Desafio proposto aos alunos e suas respectivas conclusões
(Fonte: Autoria própria)

Na resposta do grupo C ficou nítido que os estudantes notaram uma maior dificuldade de equilibrar a rolha sem os garfos, enquanto isso com os garfos foi bem fácil. Já que o centro de massa fica abaixo do ponto de apoio, que foi o dedo.

Após a atividade de equilibrar as rolhas, o professor debateu com a turma sobre as classificações para os tipos de equilíbrios, sendo **instável** para a rolha sem os garfos. Daí as dificuldades de conseguir o equilíbrio. Já com os garfos o centro de massa fica mais baixo que o ponto de apoio, logo a Força Peso produz um movimento girando a rolha até ela retornar à posição de origem, esse tipo de equilíbrio é o que chamamos de **estável**. Finalizando esse encontro o professor usa um exemplo de papel e lápis para classificar também o equilíbrio **indiferente**.

4.6 - Encontro V

Nesse encontro tratamos conceitos de cinemática do movimento circular. Para isso propomos algumas questões desafiadoras aos estudantes, como por exemplo:

- a) Você teria alguma sugestão de como poderíamos medir a velocidade de rotação de um motor?
- b) Poderia sugerir alguma unidade que poderíamos utilizar para realizar esta medida? Converse com seus colegas e proponha uma unidade para essa medida.

Após essas perguntas o professor, junto com a turma, estabeleceu que essa medição de ‘rapidez’ de giro é o que conhecemos como velocidade angular.

Os estudantes incentivados pelo professor responderam às perguntas, conforme mostram as figuras 4.31 e 4.32.

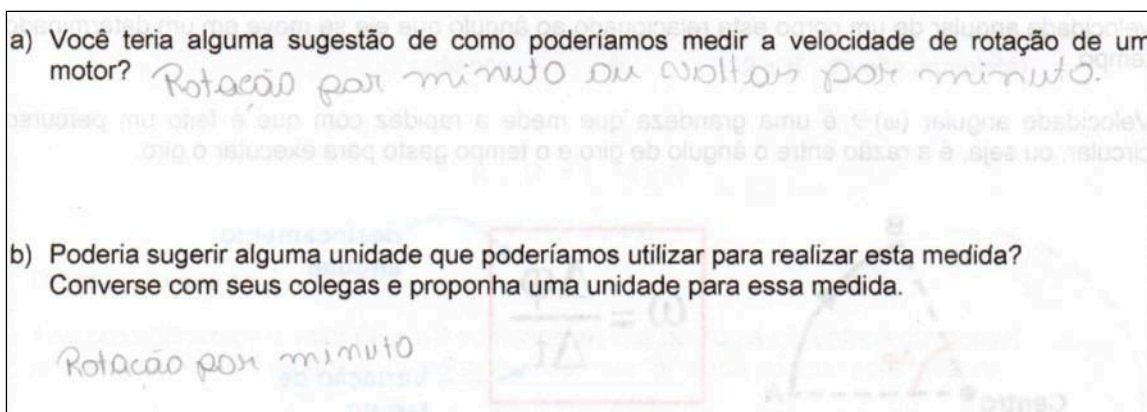


Figura 4.31 Resposta do grupo B para a atividade de velocidade angular
(Fonte: Autoria própria)

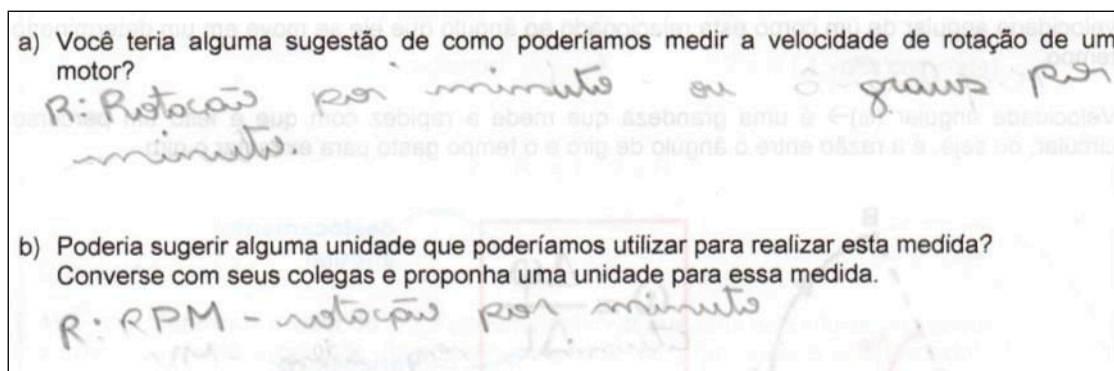


Figura 4.32 Resposta do grupo A para a atividade de velocidade angular
(Fonte: Autoria própria)

Surgiram conceitos como rotações por minuto e graus por minuto nas respostas dos estudantes. Essa identificação de grandezas Físicas é prevista por uma das competências gerais das Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, como podemos observar no quadro 1.

Quadro 10: Parte das competências gerais esperadas ao final da educação básica.

Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia	
Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.	<ul style="list-style-type: none">• Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de alto-falantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos: velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos.• Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. Por exemplo, identificar que uma caixa d'água de 2 m³ é uma caixa de 2000 litros, ou que uma tonelada é uma unidade mais apropriada para expressar o carregamento de um navio do que um milhão de gramas.

Fonte: BRASIL (2002, p. 7).

4.6.1 - Velocidade angular

No decorrer da aula foram trabalhados conceitos de velocidade angular, sempre de forma dialógica, utilizando perguntas investigativas para os estudantes. Foram abordados conceitos históricos sobre a unidade “grau” e da matemática definindo o radiano.

Nessa etapa da aula foram propostas aos estudantes algumas atividades para uma melhor compreensão da conversão entre unidades de medida de ângulo, para a compreensão do período (tempo de uma volta completa) e velocidade angular, como podemos notar nas respostas dos grupos A e C mostrada na figura 4.33.

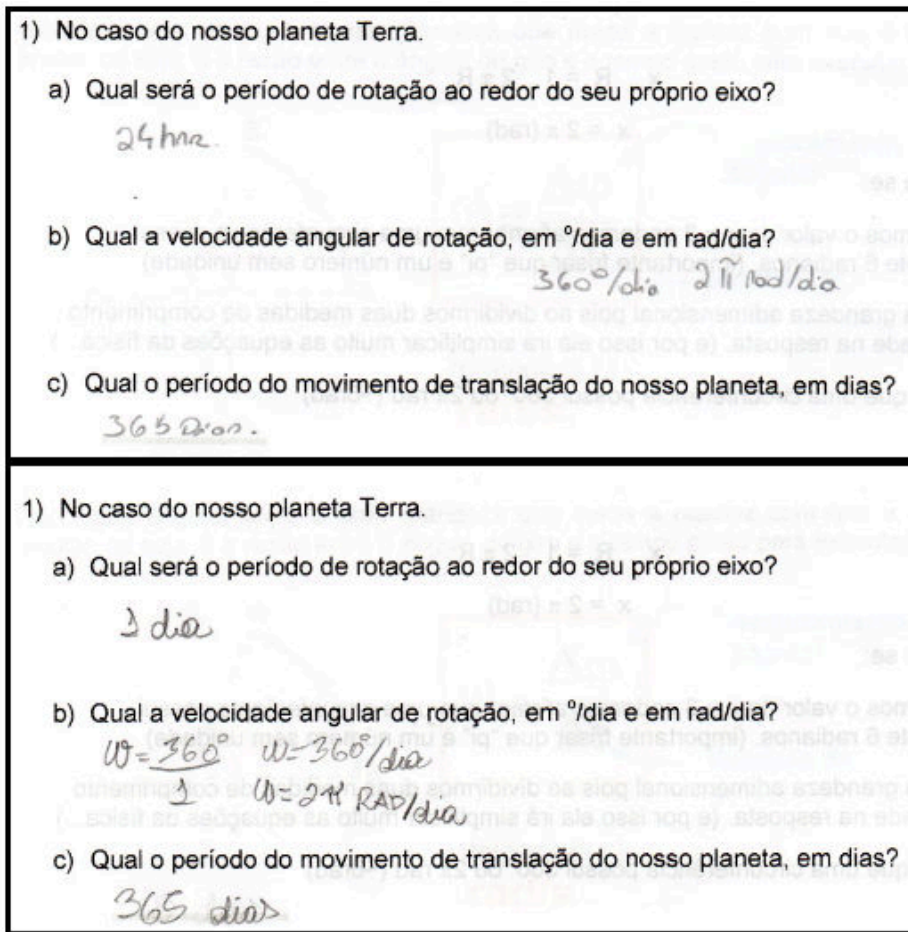


Figura 4.33 Respostas dos grupos A e C para as atividades de movimento circular
(Fonte: Autoria própria)

Notamos diferenças nas respostas para o período de rotação da Terra, porém as outras respostas ocorreram de forma mais uniforme entre os grupos, já que foram especificadas pela pergunta em quais unidades deveriam responder.

Na continuidade da aula foram feitas perguntas sobre período e posteriormente sobre frequência. As atividades propostas aos estudantes possibilitaram relacionar que as grandezas são inversamente proporcionais, ver figura 4.34. Possibilitando na sequência a sistematização do conceito de frequência pelo professor após as atividades.

frequência (f)	período(T)
$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$T_1 = \frac{1}{1} \gg 1$
$f_2 = 2 \text{ Hz}$	$T_2 = 0,5 \gg \frac{1}{2}$
$f_3 = 10 \text{ Hz}$	$T_3 = 0,1 \gg \frac{1}{10}$

É possível perceber que se a frequência for maior, menor será o período, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. Sendo assim podemos escrever a relação entre elas da seguinte forma.

$$T = \frac{1}{f}$$

Unidades (S.I.)
f – Hertz (Hz)
T – segundo (s)

Figura 4.34 Resposta dos alunos do grupo C para a atividade de frequência e período
 (Fonte: Autoria própria)

4.6.2 - Transmissão de movimento Circular

Após a leitura do texto que menciona a necessidade de várias máquinas foi discutido com os estudantes a transmissão de movimento circular usada, por exemplo, na bicicleta. A escolha da bicicleta se deu por ser um equipamento conhecido e de fácil visualização das transmissões, sendo um equipamento mais próximo da realidade dos estudantes.

O texto do Produto Educacional especifica as nomenclaturas das peças de transmissão da bicicleta, como por exemplo, *coroa* e *catraca*, ver figura 4.35.



Figura 4.35 Representação das relações das *marchas* de uma bicicleta
 (Fonte: Autoria própria)

Para que os estudantes compreendessem essas relações, fizemos uma atividade investigativa de lápis e papel, analisando a figura 4.36.

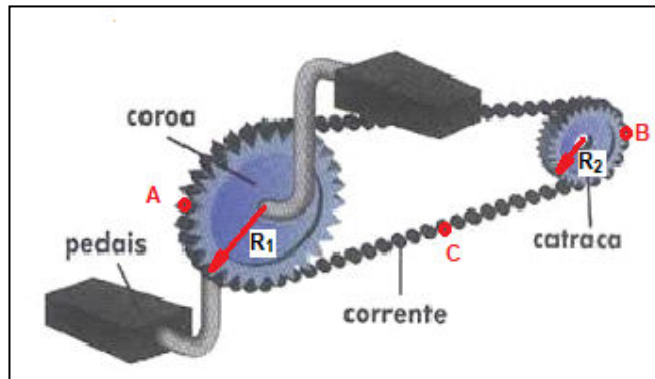


Figura 4.36 Investigando a transmissão do movimento através de polias
(Fonte: Autoria própria)

Nesse momento da aula os grupos de alunos são responsáveis por responder perguntas sobre como a velocidade de rotação de cada engrenagem se relaciona com o tamanho do raio da própria engrenagem. Como fazer para conseguir uma velocidade de rotação diferente na transmissão? Qual a relação entre as velocidades de pontos distintos da polia (corrente da bicicleta)? Na figura conseguimos observar as respostas dadas pelos alunos para essas atividades, ver figura 4.37.

a) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca (eixo onde esta ligada a roda traseira) seja maior que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa (onde está fixado o pedal):

$R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

b) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca seja menor que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa:

() $R_1 > R_2$ $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$


c) Transmitir a mesma velocidade de rotação entre o eixo da coroa e o eixo da catraca:

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ $R_1 = R_2$

d) Na corrente da bicicleta são pintados três pontos **A**, **B** e **C** de vermelho que estão mostrados na figura anterior. Compare utilizando os sinais de $>$, $<$ ou $=$ as velocidades escalares V_A , V_B e V_C destes três pontos quando o sistema estiver girando.(quando uma pessoa estiver pedalando).

$V_A = V_B = V_C$

e) Utilizando o material disponibilizado pelo seu professor monte um sistema de transmissão semelhante ao descrito anteriormente e verifique se suas respostas estão corretas.



23

Figura 4.37 Respostas do grupo B para atividades de transmissão de movimento circular
(Fonte: Autoria própria)

Após essas atividades e a montagem feita pelos alunos das transmissões por polias o professor sistematizou com a turma conceitos como: velocidade angular e as relações entre a velocidade angular e a velocidade escalar numa transmissão de movimento circular.

4.6.3 - Projeto 2: ventilador de mesa com 3 velocidades

Os estudantes foram desafiados a construir um ventilador que possibilitasse operar com 3 velocidades diferentes de rotação. Para isso utilizaram os conhecimentos de transmissão de movimento circular na elaboração de seus projetos. Podemos ver na foto os alunos na construção (figura 4.38)



Figura 4.38 Alunos montando o ventilador de 3 velocidades
(Fonte: Autoria própria)

Os ventiladores finalizados estão expostos na foto, figura 4.39. Percebemos que cada grupo realizou uma montagem diferente. Foi notória a melhora no empenho dos alunos na montagem do ventilador de 3 velocidades, já que os estudantes perceberam que a montagem e construção do ventilador foi idealizado, planejado e executado por eles mesmos.

Para que ocorram investigações em sala de aula de Ciências é necessário também o engajamento dos alunos. Isso significa dizer que os alunos precisam estar motivados na resolução do problema, de tal modo que possam desenhar seus próprios planos de ações. (SASSERON e MACHADO, 2017 p.31)

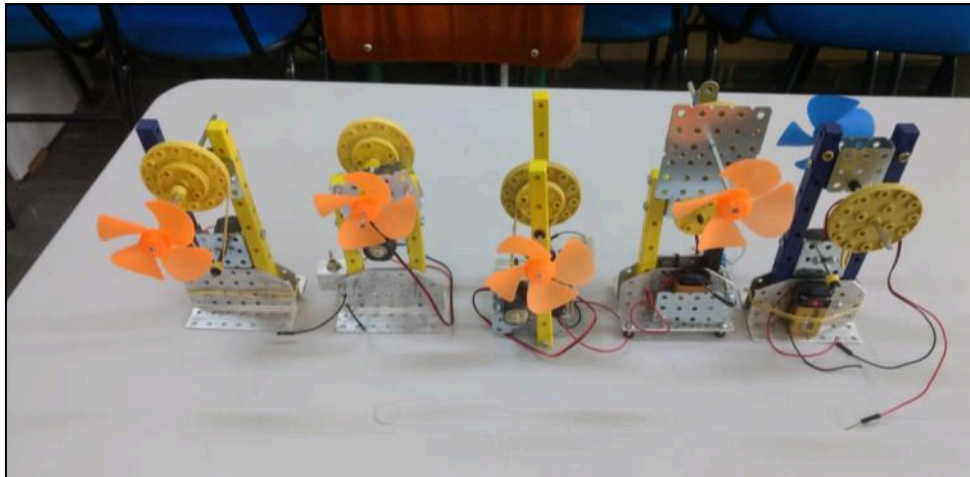


Figura 4.39 Os ventiladores de mesa com 3 velocidades dos grupos
(Fonte: Autoria própria)

4.7 - Encontro VI

Nesse encontro trabalhamos o capítulo 4, o último do Produto Educacional. Estudamos conceitos de Torque de uma Força. Iniciamos a aula relembrando a atividade *BRINCANDO DE EQUILIBRISTA*, na qual os estudantes equilibraram objetos (moeda de um real, prato plástico, caderno de capa dura e uma vassoura de piaçava). Lembrando que a vassoura foi o objeto que os alunos transcreveram como o mais difícil para conseguir o equilíbrio.

No capítulo 2 os estudantes verificaram que a vassoura tem Pesos diferentes de cada lado em relação ao ponto de equilíbrio. Os estudantes são convidados a simularem uma situação semelhante a do equilíbrio da vassoura usando o site PHET¹¹, com o simulador chamado *BALANÇANDO*, conforme a figura 4.40.



Figura 4.40 Simulador BALANÇANDO no site PHET¹¹

¹¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-act> acessado em 27 de outubro de 2019

Os grupos acessaram o simulador nos computadores da escola e responderam perguntas investigativas no Produto Educacional sobre equilíbrios com Pesos diferentes numa gangorra. Foi solicitado que os grupos fixassem uma massa de 5 kg em um dos lados a uma distância de 2 m do centro da gangorra e investigaram quais distâncias conseguiriam equilibrar massas distintas no lado oposto. Como podemos verificar na figura 4.40 as respostas do grupo B.

Massa do lado oposto (kg)	Distância da massa ao centro (m)
5,0	2m
10,0	1m
15,0	0,5 - 0,75 m
20,0	0,5 m

Figura 4.41 Resposta do grupo B para simulação no PHET
(Fonte: Autoria própria)

Ainda no simulador do BALANÇANDO os estudantes foram incentivados a estudar de forma lúdica com a simulação da gangorra, mexendo com objetos e pessoas de Pesos diferentes. Nessa etapa os alunos concluíram, orientados pelo professor em debate dialógico, que os Pesos e as distâncias têm influências no equilíbrio de corpos extensos. Na figura 4.41, apresentamos as respostas do grupo B para essa atividade. Percebemos que para a massa de 15kg é necessária ficar a uma distância que o simulador não possibilita, que é entre 0,5 e 0,75m.

O professor, logo após, sistematizou os conceitos de torque de uma Força na lousa, transparecendo os parâmetros importantes para o torque de uma Força, como por exemplo, o módulo da Força, a distância dessa Força ao ponto de apoio e a unidade do sistema internacional para Torque, que é *Newton x metro (N.m)*.

Na sequência da aula os estudantes são desafiados a projetarem um guindaste que será utilizado para erguer diversas massas. Tendo como base os materiais utilizados no “Projeto 2: ventilador de mesa com 3 velocidades”, os estudantes planejaram e elaboraram protótipos de diferentes guindastes. Na figura 4.42 podemos ver as montagens de alguns dos guindastes finalizados.

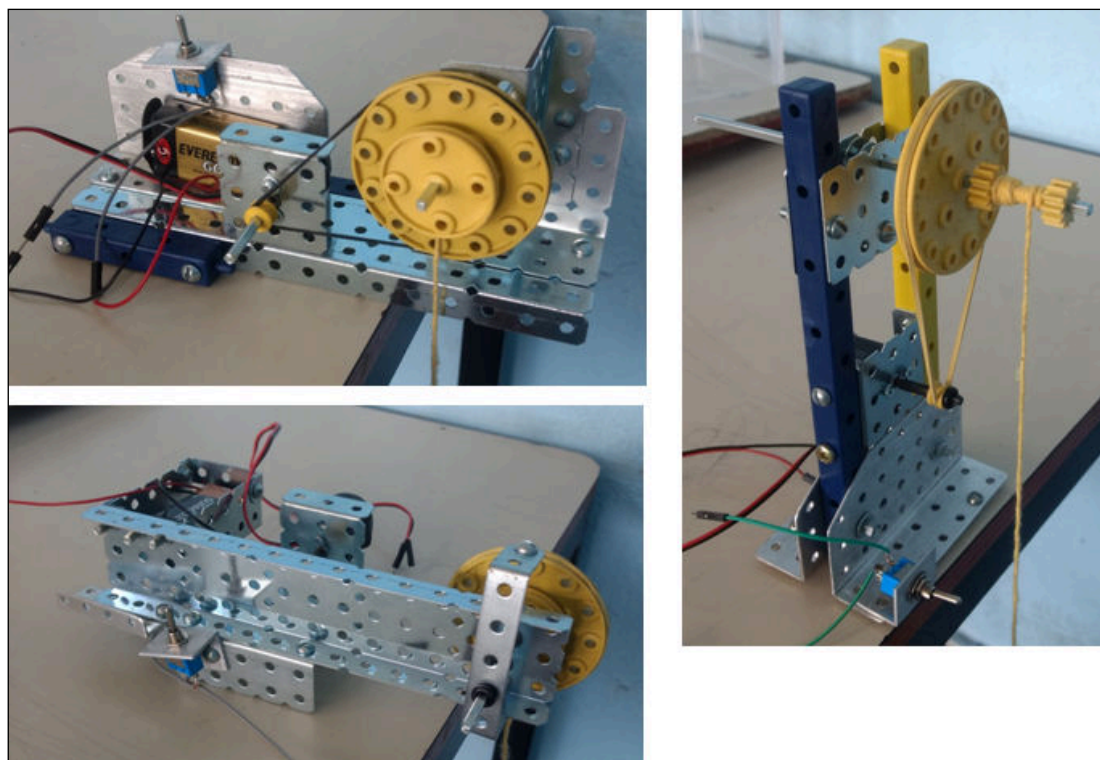


Figura 4.42 Guindastes finalizados por alguns grupos
(Fonte: Autoria própria)

Nesta investigação, após as montagens, os estudantes anotaram os raios das polias presas nos eixos dos motores de cada grupo e presa ao eixo que suspende o fio com os Pesos. Registraram numa tabela os raios e as respectivas massas suspensas para cada relação de transmissão.

Na sequência os alunos, orientados pelo professor em debate dialógico, concluíram que aumentando o raio da polia a velocidade de rotação será menor consequentemente aumentando a Força, sendo inclusive possível de prever o ganho de Força numa determinada relação de transmissão de movimento circular. No final do encontro o professor continuou de forma dialógica a sistematizar conceitos como equilíbrio do corpo extenso.

4.8 - Encontro VII

Neste encontro retomamos a proposta inicial do projeto que é a *Licitação das cadeiras de rodas elétricas*. Os estudantes, atuando como projetistas de empresas, elaboraram um projeto e construíram um protótipo de cadeira de rodas elétrica. Ao final da atividade participaram de uma disputa entre os grupos. A empresa vencedora ‘ganhou’ do governo federal a licitação da construção de milhares de cadeiras, essa

história fictícia instiga a imaginação do aluno e o insere no contexto. Os estudantes atuando como projetistas são agentes ativos do processo desde seu planejamento até a execução final.

4.9 - Encontro VIII

Neste encontro ocorre a finalização do projeto com as disputas entre as empresas. Na figura 4.43 temos as classificações de colocações das cadeiras construídas pelos grupos. Notamos também que os alunos usaram até mascotes do grupo para compor as cadeiras.

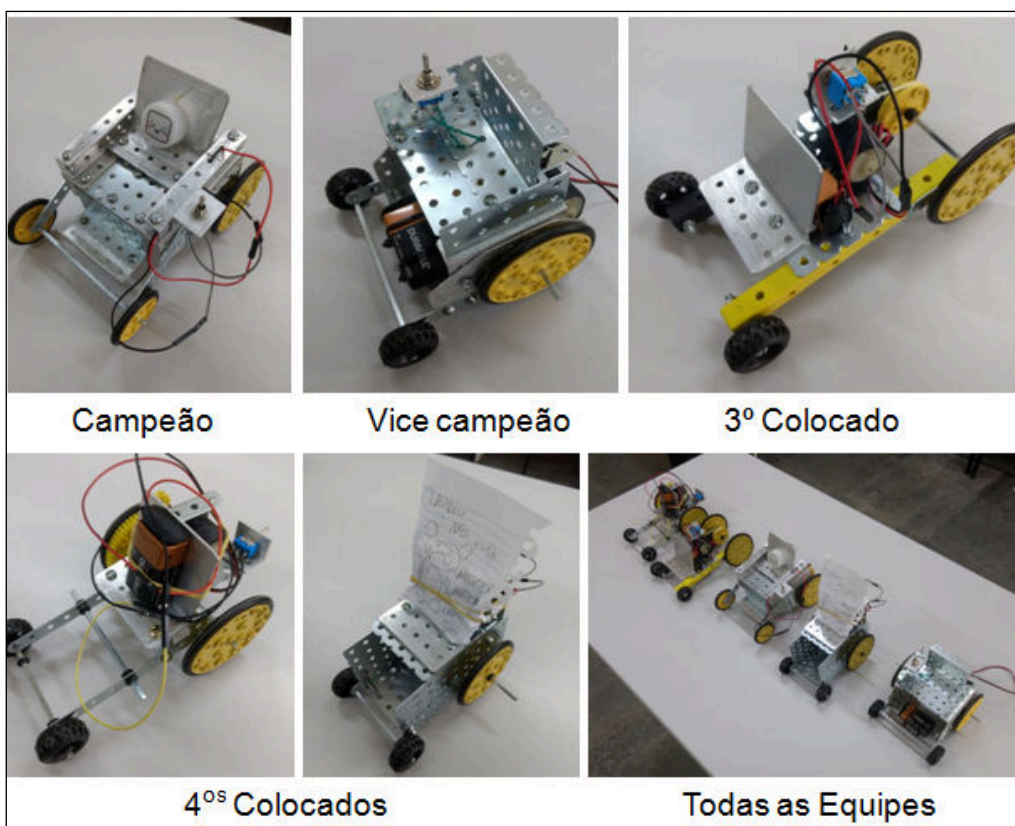


Figura 4.43 Protótipos de cadeiras de rodas elétricas
(Fonte: Autoria própria)

A disputa entre os grupos foi avaliada por critérios estabelecidos anteriormente e de consciência de todos os grupos. A disputa foi feita no pátio da escola e montamos a seguinte tabela de pontos e classificações, ver quadro 11.

Quadro 11 – Tabela de pontos e classificações dos grupos

Desafio dos protótipos de cadeiras de rodas (TABELA DE PONTOS)					Equipes de projetistas				
					1	2	3	4	5
Etapas da Competição	Descrição	Pontuação			Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E
		1º Colocado	2º Colocado	3º Colocado					
I – Velocidade	Depois de alinhados os protótipos deverão percorrer uma distância de 2,0 m em superfície plana e reta. Será considerado vencedor o que cruzar primeiro a linha de chegada. Classificação dos demais será por ordem de chegada.	30 pontos	20 pontos	10 pontos	30	10	10	—	20
II – Rampa	Os protótipos deverão subir uma superfície inclinada (RAMPA). O grau de inclinação da superfície irá sendo aumentado gradualmente para cada rodada. Os protótipos terão duas chances de subir cada uma das inclinações proposta, caso contrária irão sendo eliminados. Será considerado vencedor o protótipo que conseguir subir a maior inclinação. A classificação final será dada pelas equipes que subirem a maior inclinação.	30 pontos	20 pontos	10 pontos	30	—	—	10	20
III – Estabilidade e Direcionamento	Os protótipos terão que ter estabilidade na disputa de VELOCIDADE e RAMPA. Esta estabilidade significa não tombamento para trás ou para a lateral. O direcionamento é a capacidade da cadeira em andar em linha reta.	30 pontos	20 pontos	10 pontos	—	—	—	—	—
IV – Estética, dimensionamento e acabamento	A estética ser de livre escolha da cada julgador. Os protótipos devem ter dimensionamento próximo de uma cadeira de rodas real. O acabamento é se a cadeira tem uma estrutura bem feita sem soltar os parafusos ou fios.	70 pontos	50 pontos	20 pontos	70	20	20	50	—
Total Geral:					130	30	30	60	40

(Fonte: Autoria própria)

No desafio entre as cadeiras, o primeiro item a ser disputado foi de velocidade, ocorrendo uma corrida de 2,0m entre as cadeiras, sendo pontuados os três primeiros colocados, com 30, 20 e 10 pontos respectivamente. Já no quesito rampa, as cadeiras foram postas em uma rampa de madeira e as mesmas tiveram que subir na rampa uma distância de 1,0m, a cada rodada o professor aumentava a inclinação da rampa até que alguma cadeira não conseguisse subir, sendo assim eliminada dessa disputa. A cadeira que subiu a rampa final com maior inclinação conseguiu os 30 pontos dessa disputa. O quesito estabilidade e direcionamento não foram pontuados, pois nenhuma cadeira teve falta de direcionamento ou instabilidade quando em funcionamento. A estética foi escolhida por votação por três funcionárias da escola, sendo duas coordenadoras e uma professora de biologia.

Após todas essas etapas de disputas a comunidade escolar conheceu a empresa campeã e o resultado final dos demais participantes. O professor finalizou o projeto fornecendo um certificado de participação para todos os estudantes do projeto (figura 4.44).



Figura 4.44 Finalização do projeto e entrega de certificados de participação
(Fonte: Autoria própria)

Capítulo 5 - Considerações finais

Nesta dissertação elaboramos considerações relacionadas aos referenciais teóricos e metodológicos que utilizamos para elaboração de uma sequência de ensino destinada aos estudantes do nível médio que aborda a temática relacionada a acessibilidade de cadeirantes. Buscamos inserir os estudantes numa problemática social tendo como objetivos gerais a promoção da Enculturação Científica dos estudantes em nossas salas de aula.

Nos capítulos iniciais desta dissertação, depois de explicitar nossos objetivos, elaboramos um resumo teórico contendo as principais diretrizes que adotamos para elaboração de nosso Produto Educacional bem como um aprofundamento teórico sobre alguns conceitos físicos que foram abordados.

Na elaboração da sequência didática utilizamos recursos didáticos como textos, vídeos, experimentos e simulações computacionais, sempre com viés investigativo. Planejamos 8 encontros de 2 tempos cada, totalizando 16 tempos. Inicialmente fizemos uma breve apresentação sobre as questões relacionadas aos deficientes físicos: apresentamos dados estatísticos do IBGE relacionado à população que é autodeclarada deficiente e reportagens sobre as dificuldades de acessibilidade.

Após realizarem estas atividades percebemos que os grupos de estudantes reconheceram e foram capazes de explicitar alguns problemas de acessibilidade em ambientes de suas vivências como, por exemplo, os ônibus e a própria escola Stella Matutina. Entendemos que este tipo de atividade cumpriu a função de despertar a empatia e sensibilizar os estudantes para as dificuldades enfrentadas pelos cadeirantes na sociedade e no seu ambiente escolar. Isto possibilitou condições para o desenvolvimento da sensibilidade moral dos estudantes, característica fortemente desejada por pesquisadores que utilizam elementos de uma abordagem CTS para promoção da Alfabetização Científica de todos os estudantes (PENHA e CARVALHO, 2013).

Na sequência das atividades propostas os estudantes foram inseridos num contexto fictício, em que eles atuaram como projetistas de empresas produtoras de cadeiras de rodas elétricas. Assim os conceitos físicos abordados surgiram da necessidade de elaborar e aprimorar o projeto destas cadeiras de rodas. Nessa etapa o professor, utilizando-se de uma abordagem dialógica, procurou destacar para os estudantes os

conhecimentos específicos da Ciência que seriam necessários para se elaborar um projeto que seja bem sucedido.

Foram elaboradas diversas atividades destinadas a investigar situações que envolviam conceitos tais como: elaboração de circuitos elétricos simples; equilíbrio dos corpos extensos, centro de massa, velocidade angular, transmissão do movimento circular, torque dentre outros. Ao final de cada sequência era proposto um projeto no qual os estudantes deveriam utilizar os conceitos estudados:

a) construção de um ventilador com uma velocidade, no qual os estudantes utilizaram os conceitos de circuitos elétricos para ligar o motor do ventilador e conceitos de equilíbrio do corpo extenso; b) um ventilador de 3 velocidades, no qual os estudantes tiveram que aprimorar suas habilidades na construção, além de terem que usar os conceitos relacionados a de transmissão de movimento circular; c) construção de um guindaste, para o qual o conceito de torque foi essencial para o sucesso na construção do guindaste; e d) a construção da cadeira de rodas elétricas, no qual os estudantes responsáveis por todo o processo, desde a elaboração do projeto, construção, execução e verificação. No encontro VIII foi feita a disputa entre as cadeiras de rodas elétricas consagrando o melhor projeto. Este encontro foi importante para a exposição dos projetos finais para a comunidade escolar e para a entrega dos diplomas de participações.

Em nossa percepção o ensino de cinemática angular e de estática foi mais elucidativa com as atividades investigativas propostas em nosso Produto Educacional. Já que com uma proposta de ensino por investigação os alunos puderam levantar suas hipóteses, discutindo com seus pares (professor e alunos) e, quando possível, testá-las de forma experimental desenvolvendo habilidades.

Uma questão importante para ser observada é que muitos alunos não estão acostumados a trabalhar de forma ativa, ficando em alguns momentos desorientados quanto ao que fazer. Nestes momentos o professor sempre interviu construindo possibilidades para que os grupos conseguissem progredir nas atividades investigativas. Outra dificuldade particular de nossa escola é o tamanho do espaço, já que utilizamos o laboratório de informática que é de certa forma pequeno para comportar uma turma de mais de 35 alunos. A grande quantidade de alunos na turma foi uma das dificuldades na divisão dos grupos, pois os mesmos ficaram com 7 a 8 alunos cada, não possibilitando a participação em tempo integral de todos os alunos.

De um modo geral, os resultados desta aplicação revelaram episódios que indicam que este tipo de abordagem é potencialmente rica em propiciar um trabalho colaborativo entre os grupos de estudantes durante a realização das atividades. Observamos também que o uso da abordagem dialógica na forma de apresentação oral e escrita dos materiais teóricos e experimentais utilizados nesta sequência didática propiciaram uma maior interação entre os estudantes e destes com o professor. Deste modo, esta forma de abordagem colocou os estudantes em uma atuação ativa, no planejamento das ações da investigação, na elaboração e teste de hipóteses, e na argumentação com os colegas de grupo e com o professor.

Acreditamos que não se esgotam aqui as possibilidades de estudos. Num futuro podemos ampliar os conceitos da Física trabalhados no Produto Educacional, como potência dos motores elétricos e a potência em rampas (CARVALHO, 2017a).

Referências Bibliográficas

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL, Constituição Federal. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnologia. Conselho Nacional de Educação, Câmara Nacional de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, 2013.

BRASIL, SEMTEC. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL, **Estatuto da Pessoa Portadora de Deficiência, promulgada em 06 de julho de 2015**. Brasília: Congresso Nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm, Acesso em: 10 mar. 2019.

BRASIL. Lei n. 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Fixa as **Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Câmara dos Deputados, 1961. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-normaatualizada-pl.pdf> Acesso em: 12 jul. 2018.

CARVALHO, AMP de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. edição. reimpressão. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, Angelo Araújo de. **TRABALHO, POTENCIA E ENERGIA NAS INCLINAÇÕES DAS ESTRADAS** influência das inclinações nas estradas para a sua construção. PRD – Trabalho final de especialização em Residência Docente. CP II, em São Cristóvão. 2017.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Construção do conhecimento e ensino de Ciências. **Em Aberto**, v. 11, n. 55, 2008.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. As práticas experimentais no ensino de Física. **CARVALHO, Anna Maria Pessoa et al. Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, p. 53-77, 2010.

CORTEZ, Jucelino. A abordagem CTS no contexto da formação e da atuação dos professores da área de Ciências da natureza. 2018.

FREIRE, Paulo. Conscientização: teoria e prática da libertação. São Paulo: Moraes, 1980a. **Educação como prática da liberdade**, v. 11, 1980.

GASPAR, Alberto. Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. **São Paulo: Livraria da Física**, 2014.

KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das Ciências. São Paulo: EPU: Edusp, 1987. (Temas básicos de educação e ensino).

MIRANDA, D. Vianna. O ensino de Física numa perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 2361-2365, 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. Pesquisa básica em educação em Ciências: uma visão pessoal. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

NBR, ABNT. 9050: 2015. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2015.**

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)**. Editora Edgard Blücher, 4ª edição 2002.

PENA, Fábio Luis Alves. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 2012, 1701.

PENHA, S. P.; CARVALHO, AMP. A inserção de aspectos sociais da Ciência e da tecnologia no ensino de Ciências: identificação de convergências internacionais. **Ciências**, p. 59-77, 2011.

PÉREZ, D. Gil. Contribuição da história e filosofia da Ciência para o desenvolvimento de um modelo de ensino / aprendizagem como pesquisa. **Educação científica: revista de pesquisa e experiências de ensino**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

PISA <<http://www.oecd.org/pisa/>> Acesso: 22 de fevereiro de 2019

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: revista de educação em Ciências e matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabrício. Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar Física. **São Paulo: Livraria da Física**, 2017.

STRIEDER, Roseline Beatriz. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Apêndice A

Material do aluno



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE
PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS
DE ACESSIBILIDADE**

(MATERIAL DO ALUNO)

Angelo Araújo de Carvalho

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado do Angelo Araújo de Carvalho, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

Introdução

Este Produto Educacional é destinado aos estudantes de ensino médio, nele apresentamos uma sequência didática investigativa para com ênfase na abordagem experimental que aborda diferentes aspectos conceituais relacionados à estática do corpo rígido e a cinemática do movimento de rotação. O material didático tem o intuito de promover Alfabetização Científica (AC) dos estudantes, por isso a escolha de uma abordagem CTS (Ciência - Tecnologia - Sociedade) sobre a temática da mobilidade urbana: rampas de acessibilidade.

Capítulo 1 – O problema da Acessibilidade dos Cadeirantes

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil, existem cerca de 13 milhões de deficientes físicos motores. Desse total, uma parte necessita do uso da cadeira de rodas para se locomover. No entanto, os problemas de acessibilidade aos cadeirantes ainda são grandes no nosso país e em muitos lugares do mundo. Como a falta de rampas de acesso, rampas com inclinações muito altas, buracos e etc. A reportagem a seguir mostra alguns exemplos desses problemas.

ATIVIDADE

Tendo por base o artigo, discuta com seus colegas alguns problemas de acessibilidade enfrentados por cadeirantes e verifique em sua escola possui uma boa acessibilidade para estudantes cadeirantes.

mobilize
Mobilidade Urbana Sustentável
brasil

Google

Curtir 34 mil Seguir

Notícias Estudos Estatísticas Fotos Vídeos Mapas Links Agenda Blogs Mobilize-se Campanhas

Usuários flagram rampa com degraus e terminais sem acessibilidade em Teresina

Prefeitura diz que equipe de engenharia corrigirá rampa com escadas perto do terminal. Para as rampas em ônibus desníveladas da plataforma, Strans estuda usar 'prancha'

Tamanho da fonte A+ A- | Tamanho original | Comunicar Erro | Imprimir | Enviar por E-mail | Compartilhar | Curtir 0 | Tweet

Notícias

Fonte: G1 | Autor: Lucas Marreiros | Postado em: 23 de março de 2018



Rampa com degraus impede acessibilidade em Teresina
créditos: José Marcelo / G1

Usuários do transporte público de Teresina (PI) flagraram uma rampa com degraus próxima a uma estação de transbordo localizada na Avenida Henry Wall Carvalho, bairro Saci, zona sul da capital. O local, que deveria garantir a acessibilidade, causa transtornos a deficientes físicos e pessoas com mobilidade reduzida. Em terminais de ônibus também foram detectadas falhas em rampas de acesso aos ônibus.



Rampa inadequada a deficientes físicos e pessoas com mobilidade reduzida. Foto: José Marcelo/G1

Não há como cadeirante embarcar



Praticamente impossível ao cadeirante embarcar no ônibus assim. Foto: Divulgação/Ascante

Recorte da reportagem - <https://www.mobilize.org.br/noticias/10872/usuarios-flagram-rampa-com-degraus-e-terminais-sem-acessibilidade-em-teresina.html>

ATIVIDADE

Após o debate com seu grupo sobre os problemas de acessibilidade mencionados no texto da reportagem. Aponte os problemas enfrentados pelos cadeirantes nas fotos seguintes.



FOTO 1 - <https://www.sosergipe.com.br/acessibilidade-sentindo-o-problema-na-pele/>

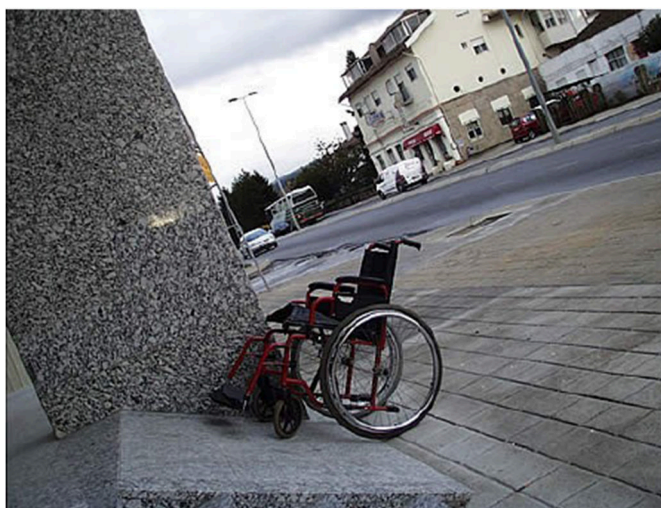


FOTO 2 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>



FOTOS 3 E 4 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>

Agora veremos recortes de dois vídeos sobre os problemas enfrentados pelos cadeirantes.

Reportagem do G1

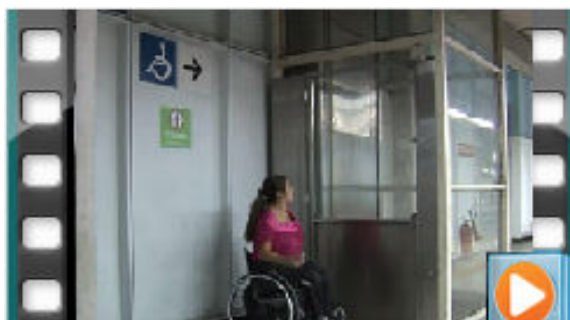


Vídeo 4 – 4min 55s

<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/olimpiadas/rio2016/noticia/2016/02/acessibilidade-e-deficiente-no-centro-e-em-pontos-turisticos-diz-alerj.html>

Dificuldades de deficientes

Vídeo 5 – 2min 07s



<https://www.youtube.com/watch?v=SSMyCeYPNTs>

Vamos construir uma cadeira de roda motorizada? LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

IMAGINE que você é o projetista chefe de uma empresa que foi convidada por uma instituição filantrópica chamada Associação dos Amigos Deficientes Físicos – RJ (AADEF-RJ), para participar de uma licitação para a construção de muitas cadeiras de rodas elétricas num período de 5 anos, podendo chegar a mais de 10mil cadeiras, para os deficientes de locomoção que estão inscritos no programa social do governo que distribui cadeiras de rodas elétricas para pessoas desprovidas de condições financeiras e que se enquadram no perfil social do programa.



Seis empresas foram selecionadas dentre mais de 200 inscritas no lançamento da licitação, sendo que nessa fase final será escolhida apenas uma empresa para a construção de todas as cadeiras. Nessa última fase da licitação as seis empresas restantes produzirão um protótipo de uma cadeira de rodas elétrica que será avaliada pela comitiva, escolhendo a empresa campeã.

Deste modo você e seus colegas de grupo deverão atuar como representantes de um grupo de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa fictícia que participa desta licitação. Deverão elaborar um projeto e construir o protótipo de uma cadeira de rodas elétrica. Nesta etapa final da licitação

Serão avaliados quesitos como:

- 1) **Velocidade** – A velocidade que poderá atingir a cadeira.
- 2) **Rampa** – A potência da cadeira no transporte de diferentes massas e em diferentes rampas de inclinação.
- 3) **Estabilidade e direcionamento** – Estabilidade da cadeira no plano e na rampa e direcionamento em trajetória retilínea.
- 4) **Estética, dimensionamento, acabamento e funcionamento** – A beleza e harmonia da cadeira e seus acessórios essenciais, avaliando se as dimensões da cadeira estão dentro ou próxima do padrão. Avaliando também se a cadeira funciona normalmente ao ligar a chave interruptora.

Para atingir este objetivo será necessário executar vários estudos teóricos e desenvolver atividades práticas e testes relacionados aos fenômenos e equipamentos técnicos que serão necessários na elaboração deste projeto. Assim antes de preparar nossos protótipos de cadeiras de roda elétrica, estudaremos alguns conceitos que estão relacionados: a) a montagem elétrica e os dispositivos de controle e acionamento que serão necessários (material em apêndice); b) a confecção de uma estrutura mecânica que dará sustentação ao protótipo; c) as formas de transmissão do movimento e estabilidade do protótipo; bem como d) a análise de potência associada ao movimento destas cadeiras no plano e em rampas

Então mãos à obra.....

Capítulo 2 – Equilíbrio de um cadeirante

Você e seu grupo devem ter percebido na reportagem e nos recortes dos vídeos do capítulo 1 que o equilíbrio das cadeiras de rodas ao subir rampas é um dos problemas enfrentados pelos cadeirantes. Na foto a seguir você deve ter percebido que a inclinação da rampa é muito alta, impossibilitando um cadeirante de subir a mesma.



FOTO 2 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>

A questão do equilíbrio é algo que notamos desde pequenos ao tentarmos nos equilibrar nos nossos primeiros passos sobre dois pés. Resolvemos intuitivamente as questões de equilíbrio no caminhar. Já para um cadeirante nem sempre é fácil o equilíbrio da cadeira de rodas pois podem sofrer tombamentos durante o movimento.

Entender a necessidade de equilíbrios de corpos conhecidos como rígidos serão importantes para o nosso objetivo final das licitações das cadeiras de rodas elétricas. Mas antes vamos observar como é interessante e complexo o equilíbrio de corpos extensos.

Esportes radicais para cadeirantes
HARDCORE SITTING, com Adriel Silva e Fernando Mendes



<https://www.youtube.com/watch?v=a60EMJ5BHsQ>

Vídeo 6 – 7min 45s

O vídeo nos mostra as potencialidades dos cadeirantes na prática de atividades desportivas radicais. Essas atividades estimulam habilidades motoras de equilíbrio e promovem o bem-estar físico e psicológico. Como vimos inicialmente, o tema central do nosso projeto são os problemas de acessibilidade que é um direito de todos os deficientes. Para melhor entender as dificuldades associadas ao movimento de um cadeirante vamos investigar alguns conceitos de equilíbrio do corpo extenso?!

Como aprendemos no estudo das Leis de Newton, sabemos que se o somatório das Forças aplicadas a um ponto material for igual à zero (Força resultante nula), o ponto material estará em repouso ou em MRU.

Mas será que existem diferenças em aplicarmos Forças de mesmo valor e sentidos opostos num corpo de dimensões desprezíveis (ponto material) e em outro com dimensões consideráveis (corpo extenso)?

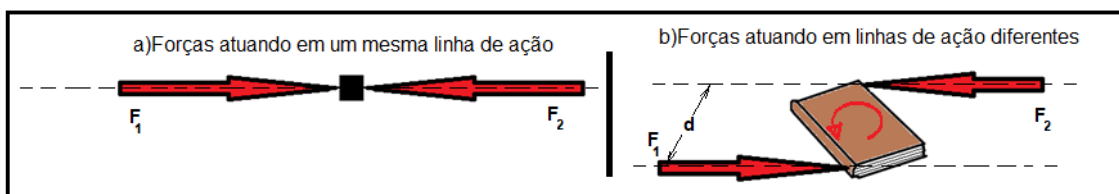
ATIVIDADE

Imagine se aplicarmos duas Forças de mesmo valor e sentidos opostos em um livro nas extremidades opostas conforme a figura a seguir.

O que vocês acham que deve ocorrer?



Deste modo percebemos que mesmo que as Forças aplicadas ao livro possam ter mesmo módulo e sentidos opostos (Resultante igual a Zero) o livro tenderá a entrar em movimento de rotação. Isto ocorre, pois as Forças aplicadas não estão atuando em uma mesma linha de ação.



Concluimos que um corpo extenso submetido à ação de duas Forças não entra em movimento de rotação se essas Forças tiverem mesmo módulo, sentidos opostos e atuarem na mesma linha de ação. Continuando nossas atividades para compreendermos o equilíbrio dos corpos extensos, faremos algumas atividades.

ATIVIDADE Brincando de Equilibrista

Os grupos receberão quatro objetos, descritos a seguir.



- a) Marque com uma caneta hidrocor o ponto no qual o grupo acha que conseguirá o equilíbrio cada objeto.

- b) Após marcar o ponto, tente equilibrar cada objeto na marca feita. Conseguiram? Se não, tente explicar por que não conseguiram esse objeto.

- c) Qual objeto foi o mais fácil de equilibrar? Qual foi o mais difícil? O grupo consegue encontrar uma explicação para essa dificuldade?

Como você deve ter percebido a moeda é o objeto mais fácil de equilibrarmos. Já o prato e o caderno que são objetos maiores tiveram maior dificuldade, porém por serem objetos com uma distribuição uniforme de sua massa os equilíbrios ocorreram quando apoiados em seu centro geométrico. Equilibrar a vassoura é mais difícil, pois se trata de um objeto grande e com uma distribuição de massa não uniforme. Deste modo o seu centro de massa não coincide como o seu centro geométrico. Estudaremos um pouco sobre o centro de massa, pois ele é importante para a construção de veículos com dimensões não desprezíveis, como no nosso caso o protótipo da cadeira de roda elétrica.

Centro de Massa (CM)

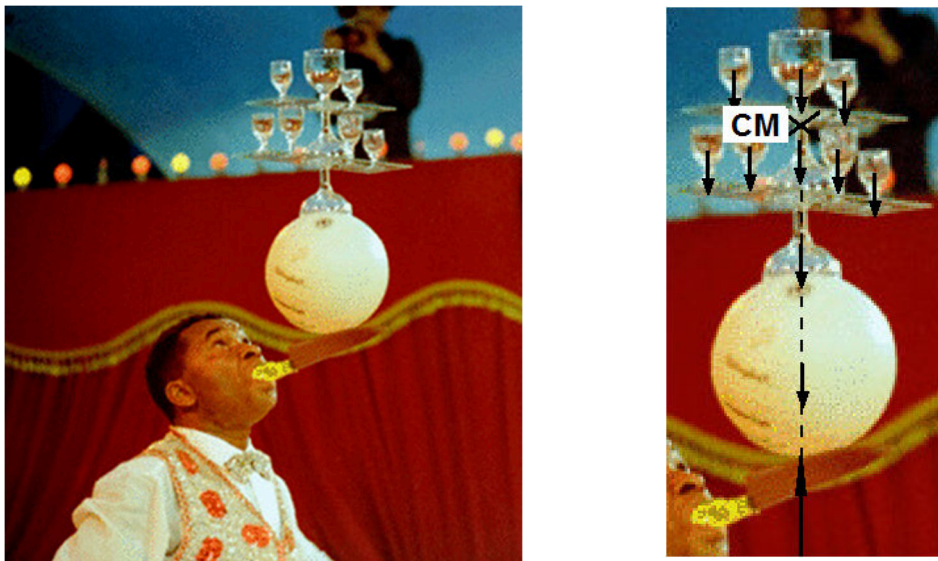


Figura: Circense equilibrando taças na ponta de uma faca
(Fonte: www.facebook.com/centrodememoriadocircosp/)

O centro de massa de um corpo é o ponto no qual atua a resultante das Forças de atração que a Terra exerce (Força Peso) sobre todas as “partículas” do corpo¹². Deste modo para equilibrar o corpo na tarefa anterior basta aplicar uma Força de apoio

¹² Física Mecânica – Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa – Editora Galera 3ª Ed.

(exercida pelo dedo) sobre o corpo bem na direção do centro de massa. Identificar o centro de massa para equilibrar corpos ou conjunto de corpos pode se tornar uma tarefa bem difícil e arriscada... Vejamos o exemplo do equilibrista de circo das figuras a seguir.

Reparem que o circense equilibra toda a estrutura coincidindo a Força Peso que atua no CM com o ponto de apoio da lâmina da faca. O mesmo que o grupo fez com os objetos da atividade de Brincando de equilibrista.

Nos objetos regulares com distribuição homogênea de massa o Centro de Massa CM coincide exatamente no centro geométrico do corpo, conforme a figura a seguir:

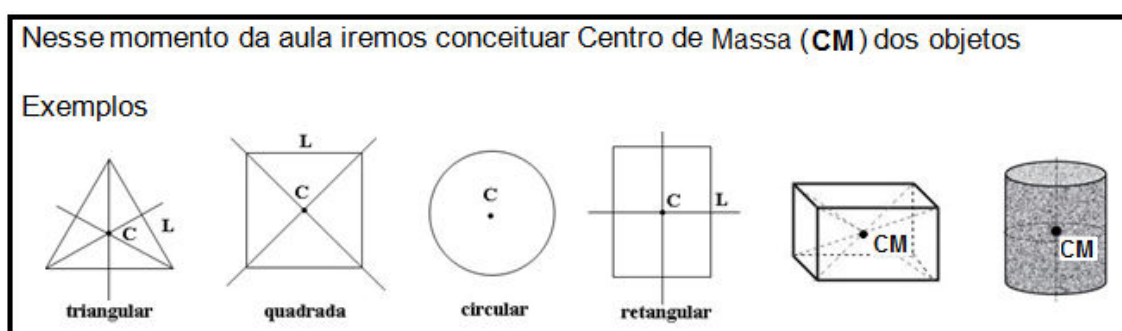


Figura: Objetos e seus respectivos CM
(Fonte: Autoria própria)

É possível encontrar o CM de um objeto de diversas maneiras, uma delas é encontrar o ponto onde aplicando uma Força igual e oposta ao Peso conseguimos equilibrar um objeto.

ATIVIDADE

Encontrar o CENTRO DE MASSA da vassoura

- Junto com o seu grupo tentem propor uma maneira de encontrar o CM da vassoura? Explique o método utilizado e marque na vassoura o CM encontrado.
- Se cortarmos a vassoura exatamente no CM encontrado no item anterior o que podemos dizer dos Pesos de cada lado?

Com a atividade BRINCANDO DE EQUILIBRISTA notamos que o centro de massa (CM) está mais próximo da parte da piaçava. Após cortarmos a vassoura e medirmos os Pesos de cada lado, confirmamos que o lado da piaçava tem maior Peso do que o lado do cabo.

Será que existem outros parâmetros que são relevantes para a estabilidade e equilíbrio de uma cadeira de rodas?! Discuta com seu grupo o que mais poderia influenciar no equilíbrio da cadeira de rodas mencionada na licitação. Escreva o que o grupo concordou ser relevante.

Possivelmente o grupo deve ter mencionado que o equilíbrio de uma cadeira numa rampa é mais preocupante do que num plano horizontal. Por isso vamos estudar e analisar o comportamento de uma cadeira de rodas numa rampa. Como ainda não construímos nossas cadeiras de rodas usaremos blocos sólidos para representar as cadeiras. Então vamos ao trabalho com os blocos e seus possíveis tombamentos.

ATIVIDADE

TOMBAMENTO DA “CADEIRA” NUMA RAMPA

Agora faremos uma atividade de equilíbrio das nossas “cadeiras” (blocos de madeira).

- a) Conseguiríamos encontrar o CM? Marque o CM encontrado pelo grupo. Descreva como o grupo o fez para encontrar o CM.

- b) Queremos que a “cadeira de rodas” seja mais estável possível. Que parâmetros influenciam para ela ser mais estável ao tombamento numa rampa?

- c) Qual o ângulo máximo, em graus, a nossa “cadeira de rodas” consegue ficar numa rampa?

Como o grupo deve ter percebido um dos parâmetros importantes para o equilíbrio de uma cadeira ou bloco numa rampa é a área da base e a altura do centro de massa em relação a essa base. Vejam as figuras a seguir.

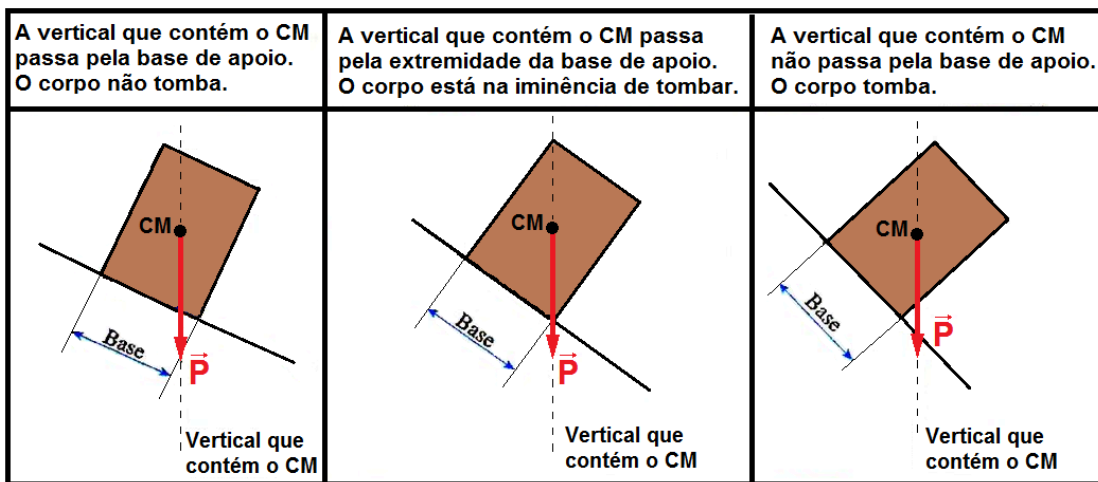


Figura: Esquema de um bloco em diversas posições no plano inclinado
(Fonte: Autoria própria)

Como percebemos na atividade o bloco tomba quando a Força Peso ultrapassa a área da base, como está representado nas figuras.

Assim será necessário pensarmos em nosso projeto da cadeira de rodas como as dimensões da cadeira poderão afetar a sua estabilidade quando, por exemplo, estiver subindo uma ladeira. Neste caso teremos ainda uma dificuldade adicional: além da cadeira de rodas possuir uma distribuição de massa bem diferente do bloco homogêneo do exemplo anterior, teremos uma pessoa sentada sobre ela.

Mas para resolver este problema mais complexo podemos antes pensar em outros equipamentos que sejam mais simples e que também devem ter uma boa estabilidade para seu funcionamento. Um exemplo seria o desafio de projetar um pequeno ventilador de mesa. Então, vamos construir um ventilador?! Lembre-se que um dos pontos importantes é que em seu projeto o ventilador também deve ter uma estrutura estável.

Vamos iniciar a Construção do ventilador!!!!

Para a construção de um ventilador é necessária uma estrutura mecânica para a sustentação do motor, sua hélice, bem como a bateria e as ligações elétricas. Para facilitar a montagem de nosso projeto utilizaremos estruturas mecânicas de diferentes formas e tamanhos, muitas são perfuradas de modo a facilitar a montagem. A fixação das peças poderá ser feita com parafusos e porcas. Algumas destas peças foram construídas para nossos laboratórios e outras foram obtidas no mercado especializado. Tendo também ferramentas e outras peças plásticas ou emborrachadas.



Figura: Material *Modelix* utilizados pelos estudantes
(**Fonte:** Autoria própria)

ATIVIDADE

Projeto 1: Ventilador de mesa com 1 velocidade

Nesta atividade os integrantes do grupo devem elaborar um projeto para montar um ventilador de mesa com as estruturas mecânicas e o motor elétrico fornecido pelo professor. É necessário elaborar a montagem com muito cuidado para não perder porcas

ou parafusos. Todos os dispositivos elétricos para funcionamento do ventilador devem ser fixados na sua estrutura mecânica.

O ventilador será avaliado em:

- d) Está funcionando adequadamente?

- e) Possui estabilidade? A estabilidade o ventilador será aferida colocando sobre um plano inclinado. Mexeremos a mesa em que o ventilador está para saber se ele tomba.

- f) Tem uma boa estética?

Etapas a serem cumpridas:

- 1ª - Desenhar um esquema elétrico do circuito de ligação do motor do ventilador, alimentado pela bateria e com interruptor liga/desliga.
- 2ª – Planejar a montagem da estrutura mecânica com seu grupo fazendo um esboço (desenho a mão livre) desta estrutura. Vale lembrar que o ventilador será avaliado em sua estabilidade, ou seja, ele (ventilador) não deve cair, virar ou tombar.
- 3ª – Montar a estrutura, fazer as ligações elétricas e prender a hélice.

Mãos à obra.....

Ao final do projeto faça uma avaliação com os integrantes do grupo e o seu professor: A estrutura planejada pelo grupo para o ventilador ficou adequada aos quesitos desejáveis do projeto? A ligação elétrica ficou de maneira correta? Comente sobre se algo não ficou como planejado.

Detalhes importantes que percebemos depois da realização do projeto:

1º - A ligação elétrica deste ventilador é semelhante a ligação do primeiro circuito simples que montamos, com apenas uma lâmpada e um interruptor. Neste caso vimos que o interruptor nesse projeto foi ligado em série com o motor da cadeira.

2º - Foi necessário que a estrutura mecânica do ventilador tivesse uma base com tamanho suficiente para que a projeção do centro de gravidade estivesse sempre sobre a área da base, pois caso contrário o ventilador poderia tombar, algo que o grupo já percebeu na atividade de tombamento de blocos.

3º - No tombamento de blocos também percebemos que o centro de gravidade CG não deve ficar muito alto. Vimos que quanto mais baixo o centro de gravidade, o ventilador torna-se mais estável.

Tipos de equilíbrio

Percebemos que equilibrar um corpo depende da posição do CM onde está atuando a resultante do Peso e a Força resultante que se opõe ao Peso no equilíbrio.

DESAFIO

Tente equilibrar a rolha com um prego no meio na ponta do dedo.



Figura: Rolha com o prego

(Fonte: <http://twelveniaapriloraegatrey.blogspot.com/>)

Agora vamos equilibrar a mesma rolha, porém com dois garfos preso na lateral da rolha.



Figura: Rolha com o prego e dois garfos

(Fonte: <http://twelveniaapriloraegatrey.blogspot.com/>)

O que o grupo percebeu de diferente ao equilibrar a rolha nos dois casos?

Façam um esquema desenhando a rolha em cada situação e as Forças que atuam nas rolhas tentando explicar as diferenças nos equilíbrios.



Veja que quando tentamos equilibrar o sistema (rolha + prego) apoiada sobre o dedo, ele facilmente tomba. Quando a rolha sai um pouco da posição de equilíbrio, a Força Peso e a Força Normal geram um momento que resulta no tombando do sistema, como mostrado no esquema 1.

Esquema 1:

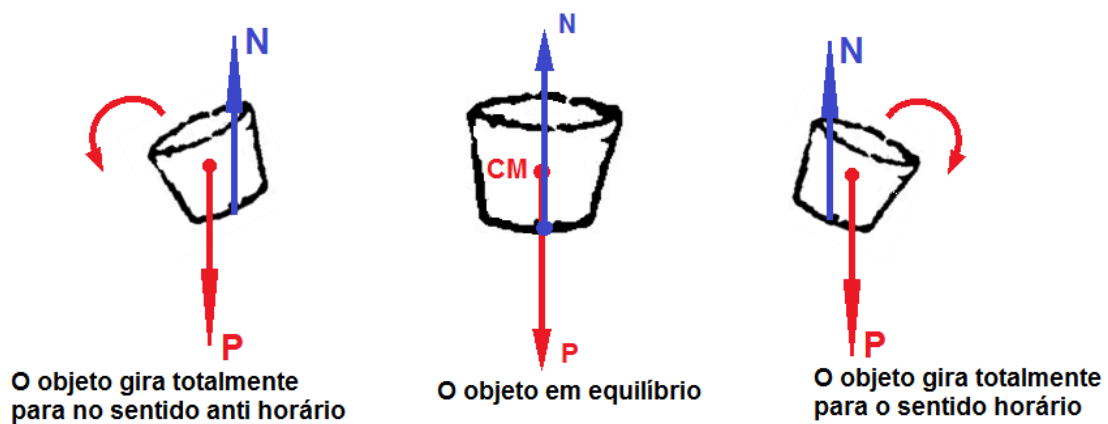


Figura: Esquema do equilíbrio da rolha com o prego
(Fonte: Autoria própria)

Chamamos este tipo de equilíbrio de “**Equilíbrio Instável**”, pois quando retirado de sua posição inicial o sistema não consegue retornar espontaneamente a sua posição de equilíbrio.

Ao colocarmos os garfos espetados na rolha, o centro de massa (CM) do sistema de corpos muda sua posição. Como o Peso dos garfos são bem maiores que o Peso da rolha, o centro de massa do sistema (garfos+rolha+prego) ficará mais baixo que o ponto de apoio, como mostrado no esquema 2

Esquema 2:

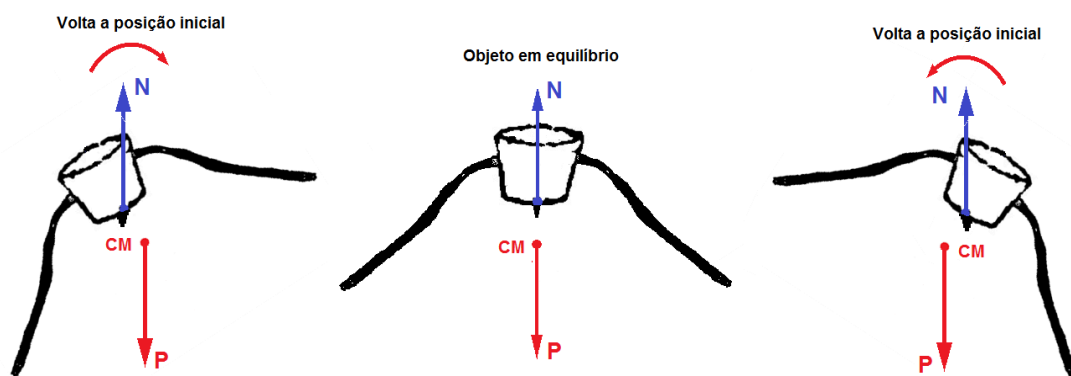


Figura: Esquema do equilíbrio da rolha com o prego e os dois garfos
(Fonte: Autoria própria)

Quando o conjunto sai um pouco da posição de equilíbrio a Força Peso e a Força Normal geram um momento forçando o sistema de corpos a voltar para a posição inicial.

Chamamos esse tipo de equilíbrio de “**Equilíbrio Estável**”.

No exemplo a seguir, vemos um cone que pode ser apoiado sobre uma superfície plana de 3 diferentes modos:

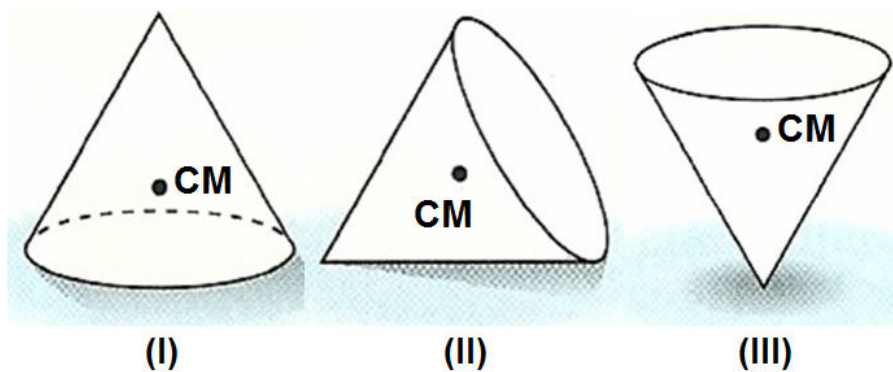


Figura: Esquema dos tipos de equilíbrios
(Fonte: Autoria própria)

Para cada um destes modos se deslocarmos o cone “um pouco para o lado” as consequências são diferentes. No caso (I) o cone retorna a configuração inicial, já na situação (II) não faz diferença pois em qualquer posição ele fica em equilíbrio e no caso (III) qualquer pequeno deslocamento lateral provoca o tombamento do cone saindo do seu equilíbrio. Esses tipos de equilíbrio podem ser classificados como:

- (I) Estável
- (II) Indiferente
- (III) Instável

Agora que conhecemos esses tipos de equilíbrio e a importância de posição do centro de massa para o equilíbrio de um corpo, poderemos utilizar estes conceitos para a construção de cadeiras de rodas com uma maior estabilidade.

Capítulo 3 – Movimento Circular

Na reportagem do capítulo 1 foram abordadas algumas dificuldades de mobilidades dos cadeirantes, sejam nos transportes públicos como em calçamentos para os pedestres. Nas fotos a seguir podemos reparar os diferentes tamanhos das rodas das cadeiras utilizadas. Essa diferença faz com que tenhamos algumas perguntas, como por exemplo: será que o tamanho da roda interfere na velocidade da cadeira? As cadeiras tendo a mesma velocidade de deslocamento, as suas rodas vão girar a mesma quantidade de vezes por num intervalo de tempo?

São perguntas e dúvidas como essas que nos fazem refletir a necessidade de aprofundar os estudos dos corpos que estão em movimento de rotação.



Figura: Exemplos de dificuldades dos cadeirantes
(Fonte: www.mobilize.org.br e www.sosergipe.com.br acessado em janeiro de 2018)

Medida da Velocidade de Rotação (Velocidade angular ω):

Já estudamos o conceito de velocidade escalar de um corpo que mede a rapidez com que um corpo se desloca. Significa que se uma pessoa se desloca com velocidade de 1m/s, ela consegue se mover 1m a cada segundo.

- c) Você teria alguma sugestão de como poderíamos medir a velocidade de rotação de um motor?
- d) Poderia sugerir alguma unidade que poderíamos utilizar para realizar esta medida? Converse com seus colegas e proponha uma unidade para essa medida.

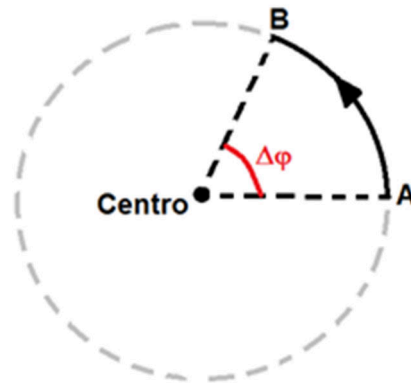
Uma das formas que você e colegas podem ter sugerido é medir o número de voltas que um corpo é capaz de realizar em um determinado tempo (voltas/minuto), ou ainda o ângulo que o corpo se move rodando em um determinado tempo (graus/s). Estas são realmente algumas das formas mais utilizadas para medirmos a velocidade de rotação de um corpo:

Velocidade angular ω



Figura: Cadeira de rodas
(Fonte: www.americanas.com.br)

Como o próprio nome sugere, velocidade angular de rotação de um corpo (que representamos pela letra grega ω) esta relacionada ao ângulo que este corpo descreve em um intervalo de tempo.

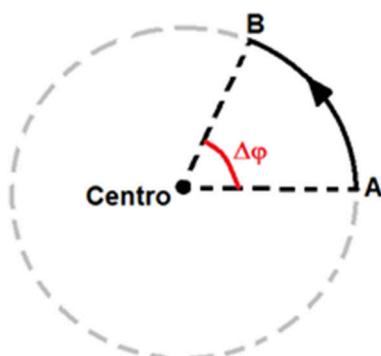


Assim como vocês responderiam à pergunta a seguir:

- a) Qual seria a velocidade angular de um corpo que completa uma volta em cada segundo medido em graus por segundo?

Você acertou se respondeu que a velocidade angular seria de $360^\circ/\text{s}$. Deste modo a velocidade angular de um corpo está relacionada ao ângulo que ele se move em um determinado tempo.

Velocidade angular (ω) \rightarrow é uma grandeza que mede a rapidez com que é feito um percurso circular, ou seja, é a razão entre o ângulo de giro e o tempo gasto para executar o giro.



$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

deslocamento angular

Varição de tempo

Unidade (S.I.)
rad/s
(radianos por segundo)

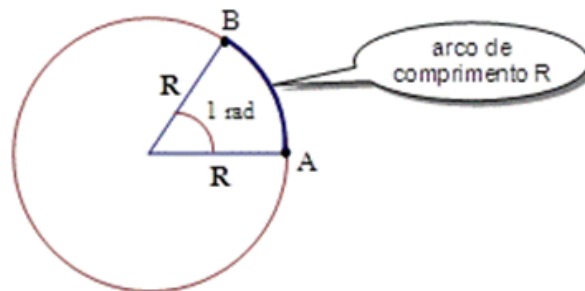
Quando pensamos em ângulos, sempre nos vem a cabeça um ângulo em graus ($^{\circ}$), por isso vamos entender como surgiu essa unidade de medida do ângulo.

Curiosidade histórica sobre o GRAU

A definição de grau teve origem no movimento da Terra em torno do Sol: como a Terra leva 365 dias para completá-lo, ela descreveria por dia $1/365$ da volta. (o número 360 escolhido por ter muito mais divisores do que 365).

A unidade **grau** ($^{\circ}$) é muito utilizada, porém a unidade do Sistema Internacional é o **radiano** (rad), por isso é importante lembrarmos da matemática a definição de **radiano**.

Vamos lembrar da matemática?!



Lembra-se também de como fazemos para obter a quantidade de radianos que possui uma volta completa? Para responder bastava fazer uma proporção básica:

Ângulo Medido em Radiano		Comprimento do Arco
1 radiano	→	R
x radianos	→	$2 \pi R$ (1 volta completa)

Assim:

$$x \cdot R = 1 \cdot 2 \pi R$$

$$x = 2 \pi \text{ (rad)}$$

Destacando que se:

- 1) se considerarmos o valor de $\pi \cong 3$ podemos afirmar que uma circunferência possui aproximadamente 6 radianos. (importante frisar que "pi" é um número sem unidade)
- 2) radiano é uma grandeza adimensional pois ao dividirmos duas medidas de comprimento não temos unidade na resposta. (e por isso ela irá simplificar muito as equações da física...)

Dai concluímos que uma circunferência possui 360° ou $2\pi \text{ rad}$ ($\sim 6\text{rad}$)

Figura: Esquema matemático para obter o radiano
(Fonte: Autoria própria)

Vocês seriam capazes de fazer as conversões de diferentes ângulos a seguir?

a) $180^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

b) $90^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

c) $60^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

d) $45^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

ATIVIDADE

Vamos analisar as seguintes situações a seguir.

1) Uma pessoa correndo em uma pista circular que completa meia volta em 30 segundos.

a) Qual é o tempo de uma volta completa?

b) Qual a velocidade angular da pessoa, em $^\circ/s$ e em rad/s?

Como vocês devem ter encontrado o tempo de uma volta completa executado pela pessoa que foi de 60 segundos. Esse tempo de uma volta completa chamamos de **período (T)**. Já a velocidade angular vocês possivelmente encontraram $6^\circ/s$ e $\pi/30\text{rad/s}$ ($\sim 0,1$ rad/s).

1) No caso do nosso planeta Terra.

a) Qual será o período de rotação ao redor do seu próprio eixo?

- b) Qual a velocidade angular de rotação, em $^{\circ}/\text{dia}$ e em rad/dia ?
- c) Qual o período do movimento de translação do nosso planeta, em dias?
- 2) Um motor tem uma relação que deixa um eixo de um guindaste girando com velocidade angular baixa. O eixo dá uma volta em 2 segundos.
- a) Qual o período de rotação desse eixo?
- b) Se quisermos saber o número de voltas por minuto desse eixo, encontraríamos quanto?
- c) Se quisermos escrever qual a velocidade angular do eixo, em $^{\circ}/\text{s}$, qual seria o valor?

No caso do eixo do guindaste como vocês podem ter calculado o seu período é de 2,0 segundos e o número de voltas por minuto é de 30. Conhecemos como **frequência** o número de voltas por unidade de tempo. Como nesse caso a frequência da engrenagem é de 30 voltas por minuto, ou mesmo 30 rpm (rotações por minuto), porém a unidade de frequência no sistema internacional de unidades (S.I.) é de voltas por segundo, que chamamos de hertz (Hz).

Ainda em relação ao eixo do guindaste citado anteriormente.

- a) Qual a frequência do seu movimento, em Hz?
- b) O que acontecerá com o período se o eixo passar a girar executando 120 voltas por minuto?

Relação entre período e frequência

Ainda sobre a relação entre período e frequência, suponha que vocês receberam um motor e um equipamento para medir a frequência de giro do eixo desse motor. Encontrando os valores das frequências, na sequência a seguir. Quais são os períodos para cada frequência, em segundos?

frequência (f)	período (T)
$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_1 =$
$f_2 = 2 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_2 =$
$f_3 = 10 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_3 =$

É possível perceber que se a frequência for maior, menor será o período, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. Sendo assim podemos escrever a relação entre elas da seguinte forma.

$$T = \frac{1}{f}$$

Unidades (S.I.)

f – Hertz (Hz)

T – segundo (s)

Diferentes formas de transmissão do movimento de rotação:

Existem várias máquinas ou ferramentas do nosso cotidiano que para funcionarem adequadamente utilizam diferentes engrenagens, polias e correias para realizarem a transmissão do movimento circular entre partes de sua estrutura. Você seria capaz de citar um exemplo?

A bicicleta, por exemplo, usa um sistema tecnológico simples de transmissão por corrente. Já os carros, motos, guindastes dentre outros maquinários são mais complexos, porém utilizam sistemas de transmissão de movimento circular semelhantes.

Vocês já perceberam como fazemos para mudar a marcha da bike e para que servem as estas diferentes marchas? Converse com seus colegas de grupo para verificar se todos têm ideias parecidas sobre isso.

Você deve ter percebido que o sistema de mudança de marcha da “magrela” está relacionada à modificação do valor da sua “velocidade” e da “Força” na pedalada para, por exemplo, subir uma ladeira.

Na figura a seguir vemos que a forma como mudamos as marchas consiste em um sistema mecânico formado por: a) COROA, presa ao pedal; b) CATRACA, presa na roda traseira da bicicleta e c) CORRENTE, que faz a ligação entre a COROA e CATRACA. Mudar a marcha consiste em mudar a corrente de posição de tal modo que ela ligue Coroa e Catracas de tamanhos diferentes. A mudança da posição da corrente é controlada pelo câmbio traseiro (marcha) que possui duas engrenagens pequenas e servem também para manter a corrente esticada. Porém a mudança de marcha deve ser feita somente com a bicicleta em movimento. A seguir temos uma foto com detalhes deste sistema.



Figura: Bicicleta

(Fonte: <https://www.martinsatacado.com.br> acesso janeiro de 2019)

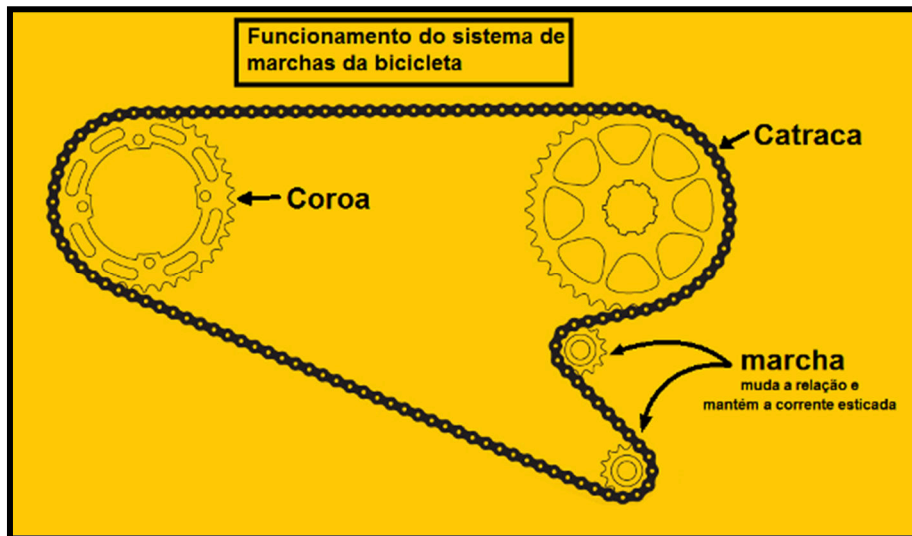


Figura: Esquema de marcha da bicicleta
 (Fonte: www.praquempedala.com.br acessado em dezembro de 2018)

Podemos simplificar o sistema e representá-lo sem a marcha (câmbio traseiro). Com isso um sistema mais simples seria como o da figura a seguir:



Figura Relação de 2 COROAS e 5 CATRACAS, totalizando 10 relações diferentes.
 (Fonte: <https://descomplica.com.br/> acessado em janeiro de 2019)

Transmissão de movimento circular

Na maioria dos projetos que fazem uso de movimento através de um motor elétrico, mecânico ou mesmo térmico utilizam uma relação de transmissão de movimento semelhante a que vimos anteriormente para a bicicleta. Modificando os tamanhos (Raios) das polias ou engrenagens utilizadas podemos modificar de modo significativo a velocidade angular dos eixos de rotação. Veremos posteriormente que isso será muito importante inclusive para transmissão de “Força” ou “Torque” entre estes eixos. Estas relações de transmissões muitas das vezes são feitas por polias ou engrenagens com diferentes raios.

Investigando a Transmissão do movimento através de polias.

Na figura abaixo vemos um sistema de transmissão de movimento entre os eixos da coroa (onde está colocado o pedal) e da catraca (onde está colocada a roda traseira), que são ligadas por uma corrente. Suponha que pudéssemos modificar os tamanhos da Coroa (R_1) e da catraca (R_2). Diga como deveriam ser a relação entre os tamanhos R_1 e R_2 para que possamos:

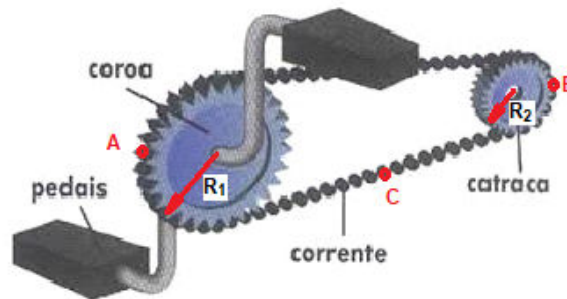


Figura Transmissão de movimento circular na bicicleta por corrente.
(Fonte: www.fisicaevestibular.com.br acessado em janeiro de 2019)

a) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca (eixo onde está ligada a roda traseira) seja maior que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa (onde está fixado o pedal):

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

b) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca seja menor que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa:

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

c) Transmitir a mesma velocidade de rotação entre o eixo da coroa e o eixo da catraca:

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

d) Na corrente da bicicleta são pintados três pontos **A**, **B** e **C** de vermelho que estão mostrados na figura anterior. Compare utilizando os sinais de $>$, $<$ ou $=$ as velocidades escalares V_A , V_B e V_C destes três pontos quando o sistema estiver girando (quando uma pessoa estiver pedalando).

V_A _____ V_B _____ V_C

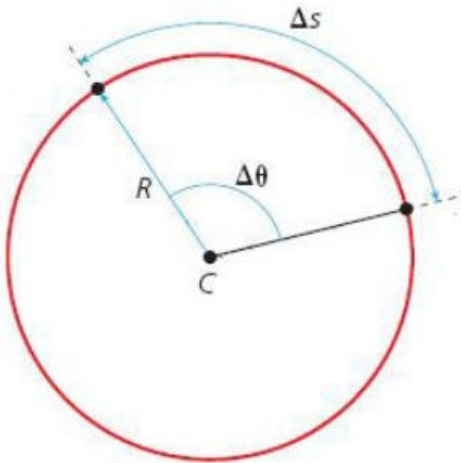
- e) Utilizando o material disponibilizado pelo seu professor monte um sistema de transmissão semelhante ao descrito anteriormente e verifique se suas respostas estão corretas.



Figura Polias usadas na investigação de transmissão de movimento
(Fonte: Autoria própria)

Relação entre as velocidades angulares na transmissão de movimento circular

Após executarem as tarefas para conferir as suas respostas, vocês devem ter notado que a velocidade angular dos eixos ligados a cada uma das polias em um sistema de uma transmissão de movimentos são diferentes. No entanto a velocidade escalar de qualquer ponto da correia que liga as duas polias será o mesmo. Pela análise matemática temos que:



Da matemática sabemos que:

$$\Delta s = \Delta \theta \cdot R$$
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
$$v = \frac{\Delta \theta \cdot R}{\Delta t}$$

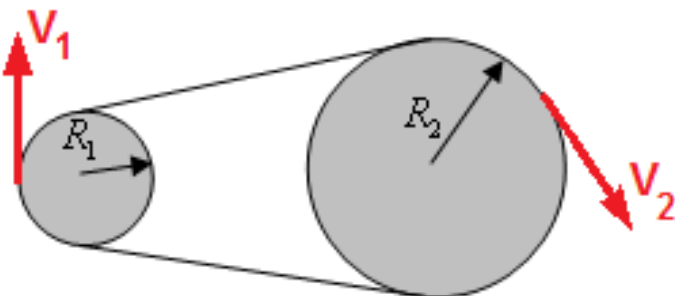
mas sabemos que $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$

logo podemos concluir que:

$$v = \omega \cdot R$$

Deste modo, podemos relacionar o que vocês devem ter percebido na atividade de coroa e catraca da relação na bicicleta. Que o número de rotação por unidade de tempo é

diferente para polias com raios diferentes, quando estão interligadas por uma correia. Igualando as equações concluiremos as seguintes relações entre raios, frequências e velocidades angulares.

$$V_1 = V_2$$
$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$
$$R_1 f_1 = R_2 f_2$$


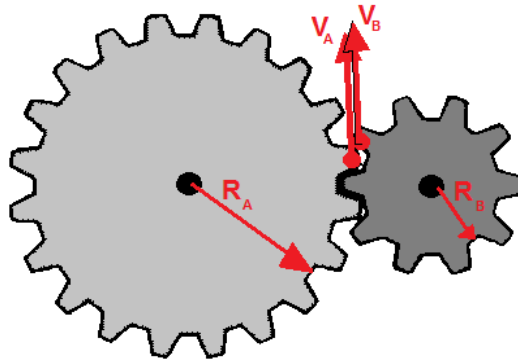
Como as velocidades escalares das periferias de cada polia são iguais, isso implicará que quanto maior for o raio da polia acoplada a um eixo, menor será a velocidade angular de rotação deste eixo.

Projeto 2: Ventilador de mesa com três velocidades

Juntamente com o seu grupo vocês deverão elaborar uma adaptação para o “Projeto 1: Ventilador de mesa com uma velocidade” de modo que ele possa operar em 3 velocidades. Elaborem as modificações na estrutura mecânica que julgarem necessárias. Utilizem a estrutura mecânica entregue pelo professor para a fixação do motor e as respectivas polias.

Observação:

Na transmissão por engrenagens com diferentes raios (de maneira semelhante ao que foi feito com as polias) os pontos da periferia da engrenagem também possuem a mesma velocidade escalar. No entanto, de modo semelhante ao que fizemos anteriormente, a menor engrenagem terá a maior velocidade de angular, ou seja, serão validas as mesmas equações adotadas na transmissão de movimento circular por polias.



Após construirmos nosso ventilador de três velocidades se desejarmos colocar no manual do nosso produto a velocidade de rotação para cada uma dessas três velocidades, precisamos conhecer a velocidade de rotação do motor usado em nosso equipamento. Então como projetistas o DESAFIO será medir a velocidade de rotação do nosso motor.

ATIVIDADE

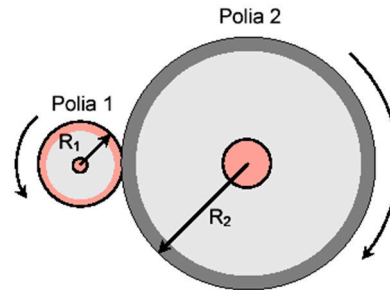
DESAFIO: É possível medir a frequência de rotação do motor que o professor entregou aos grupos? Faça essa medição da frequência e depois explique como o grupo conseguiu.

Sabemos que a atividade proposta foi realmente um DESAFIO, porém discuta com seu professor e com os integrantes do grupo como resolve-lo. Após, vamos trabalhar os exercícios de papel e lápis a seguir.

Exercícios de transmissão de movimentos circulares

- 1) (UESPI¹³) A figura ilustra duas polias de raios $R_1 = 0,1 \text{ m}$ e $R_2 = 0,3 \text{ m}$ que giram em sentidos opostos. Sabe-se que não há escorregamento na região de contato entre as polias. A polia 1 gira com frequência $f_1 = 600 \text{ Hz}$. Nestas circunstâncias, qual é a frequência f_2 de rotação da polia 2?

- (A) 100 Hz
 (B) 200 Hz
 (C) 300 Hz
 (D) 600 Hz
 (E) 1800 Hz



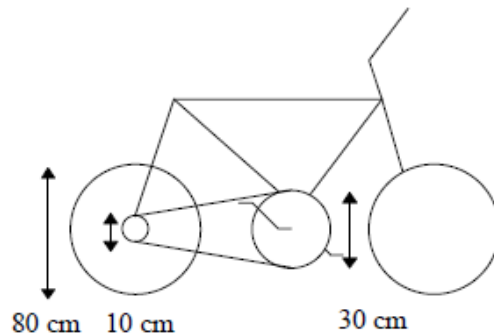
- 2) (ENEM) As bicicletas possuem uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira, movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada no eixo da roda traseira, como mostra a figura. O número de voltas dadas pela roda traseira a cada pedalada depende do tamanho relativo destas coroas. Em que opção abaixo a roda traseira dá o maior número de voltas por pedalada?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)

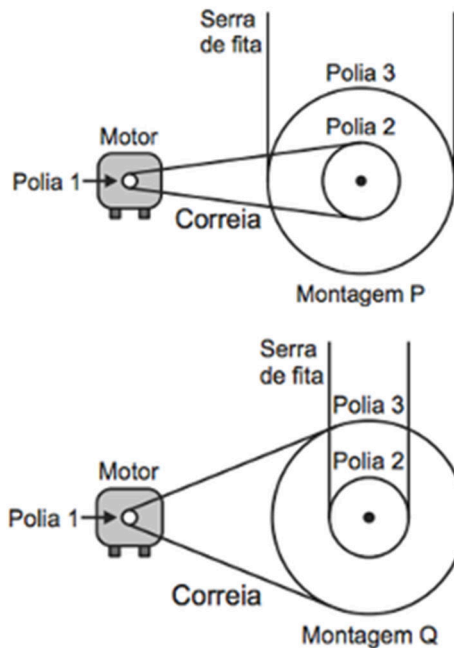
¹³ UESPI – Universidade Estadual do Piauí

- 3) (ENEM) Quando se dá uma pedalada na bicicleta abaixo (isto é, quando a coroa acionada pelos pedais dá uma volta completa), qual é a distância aproximada percorrida pela bicicleta, sabendo-se que o comprimento de um círculo de raio R é igual a $2\pi R$, onde $\pi \cong 3$?

- (A) 1,2 m
 (B) 2,4 m
 (C) 7,2 m
 (D) 14,4 m
 (E) 48,0 m



- 4) (ENEM) Para serrar os ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

- (A) Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
 (B) Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
 (C) P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
 (D) P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.
 (E) Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência

Capítulo 4 – Torque de uma Força

Para equilibrarmos um objeto devemos exercer uma Força de mesmo módulo e direção com sentido oposto na mesma linha de ação do Peso. Como vimos no capítulo 2 o circense equilibrou as taças numa bola com a lâmina da faca.

Já quando equilibramos a vassoura de piaçava na horizontal no capítulo 2 notamos que os Pesos são diferentes de cada lado do CG. Esse equilíbrio com Pesos diferentes depende da distância que ele atua até o ponto de apoio, nesse caso o CG.



Para melhor entendermos que parâmetros são relevantes nesse equilíbrio vamos simular no computador no site do PHET. Estas informações são importantes para a construção de nossos protótipos de cadeiras de rodas elétricas.

ATIVIDADE Simulando o equilíbrio da vassoura no aplicativo PHET¹⁴

No simulador PHET, usaremos o simulador chamado BALANÇANDO. Nesta atividade tentaremos simular uma situação semelhante à da vassoura.



- a) O que devemos fazer para que ocorra um equilíbrio com Pesos diferentes de cada lado?

¹⁴ Endereço eletrônico do simulador: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-act> Acesso em: 09 out. 2018

- b) Fixando uma massa de 5,0 kg na marca mais extrema (2m) de um lado, equilibre com outra massa do lado oposto e complete a tabela a seguir.

Massa do lado oposto (kg)	Distância da massa ao centro (m)
5,0	
10,0	
15,0	
20,0	

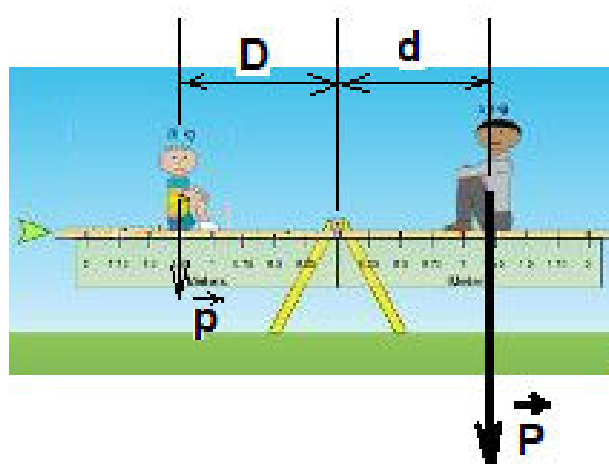
- c) O que foi necessário para o equilíbrio? Faça um esboço para explicar.

- d) O grupo encontra alguma relação entre massa e a sua distância ao centro?

Ainda no simulador podemos explorar a atividade da gangorra, então vamos fazer essa atividade e nos divertir com a gangorra, equilibrando diversos corpos disponíveis no simulador.

Torque e Momento de uma Força

Na atividade simulada no computador você percebeu que massas diferentes podem ser equilibradas, como na simulação da vassoura e na gangorra, para isso basta modificar a distância de cada massa até o ponto de apoio da gangorra.



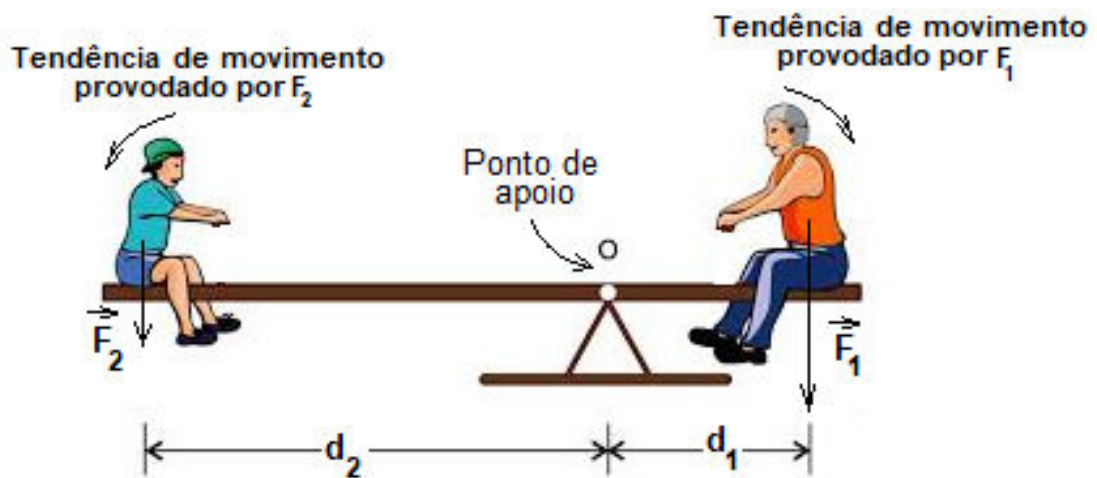
A figura mostra um homem e uma criança sendo equilibrados em uma gangorra. Para isso, o homem que possui um Peso “P” deve estar proporcionalmente mais

próximo do ponto de apoio da gangorra. A criança que possui um Peso “**p**” deve estar afastada do ponto de apoio da gangorra. (**D**>**d**).

Na atividade você deve ter percebido que para equilibrar a balança era necessário fazer com que o produto do Peso (Força) pela distância (D) fosse o mesmo de cada lado da gangorra para haver o equilíbrio.

Na Física definimos uma grandeza chamada de **Momento de Força** ou **TORQUE** como sendo a medida da tendência que uma Força possui de colocar um objeto em movimento de rotação em relação a um ponto de apoio.

Em nosso exemplo da gangorra, as Forças aplicadas em ambos os lados (mesmo de intensidade diferentes) provocam na gangorra momentos iguais que tendem a girar a gangorra para lados opostos.



Assim podemos concluir que:

a) a Força que o homem exerce na gangorra produz um MOMENTO DE FORÇA em relação ao ponto **O** dado por:

$$M_o^{F_1} = F_1 \cdot d_1$$

Esse momento provoca tendência de movimento no sentido horário

b) a Força que o menino exerce na gangorra produz um MOMENTO DE FORÇA em relação ao ponto **O** dado por:

$$M_o^{F_2} = F_2 \cdot d_2$$

Esse momento provoca tendência de movimento no sentido anti-horário

Obs.: Para diferenciá-los os dois momentos convencionamos colocar sinal positivo para momentos que possuem tendência de giro horário e sinal negativo para tendência

de giro anti-horário. Isto não é obrigatório e você pode definir qual o sentido que está adotando como positivo ou negativo, é apenas uma convenção.

Assim de modo mais geral chamamos de **torque** ou **momento de uma Força F** aplicada num ponto **P**, em relação a um ponto **O**, o produto da intensidade **F** da Força pela distância **d** do ponto **O** à linha de ação da Força.

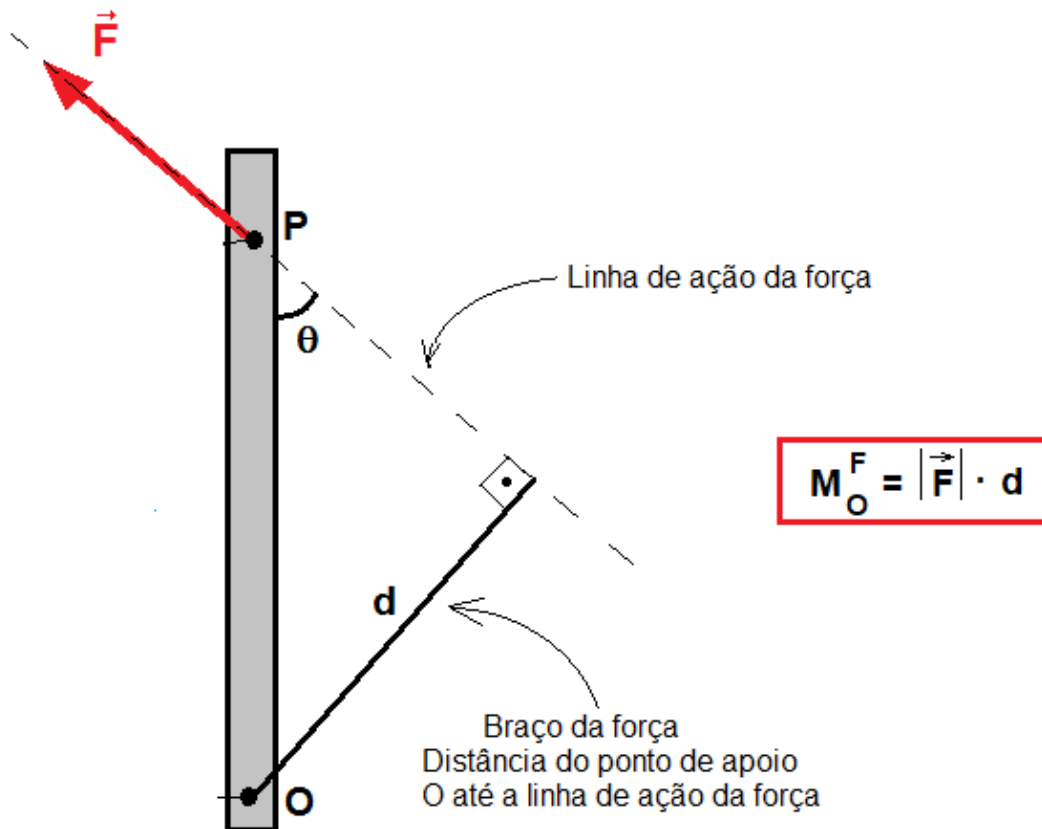


Figura 4.1 Representação da força produzindo um torque numa barra rígida.

Isso significa que:

- Quanto maior a Força maior será o torque
- Quanto maior a distância da Força ao ponto de apoio de rotação, maior será o torque.
- Um aumento no módulo da Força é compensado com uma diminuição proporcional no valor da distância.

A unidade de momento no sistema internacional (SI) é:

Newton x metro (N.m).

Não podemos confundir a unidade de momento de uma Força com a unidade de trabalho e energia, pois segundo Alberto Gaspar (2000):

*“Sabemos que o produto $N \cdot m$ é chamado de joule (**J**), unidade de trabalho e energia. Entretanto o joule não é utilizado para momento, porque momento é uma grandeza de natureza diferente de trabalho e energia. Como vimos, trabalho é uma grandeza escalar, definida pelo produto escalar. Momento, no entanto, é grandeza vetorial”¹⁵*

Nossos desafios não acabam!!!!

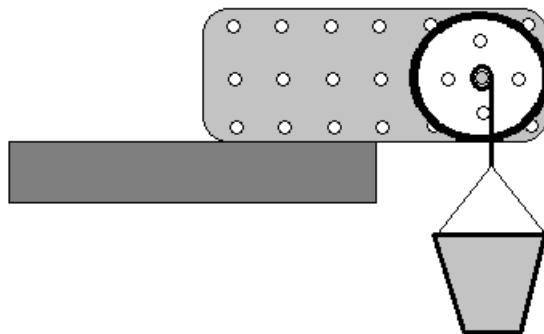
Ser um projetista dos protótipos das cadeiras de rodas elétricas não é algo simples, sendo necessários muitos conhecimentos e estudos.

O motor utilizado nas cadeiras de rodas muitas vezes não são motores tão fortes como imaginamos. Os motores “mais fortes” tendem a ser pesados e grandes, por isso utilizamos motores mais fracos e leves. Será necessário então adotarmos “um artifício” que amplifique sua Força. Um bom exemplo de equipamento que utilizam este tipo de “artifício” em sua montagem que amplifica a Força do motor é o guindaste.

Agora o seu desafio é construir um guindaste, então vamos.....

Projeto 3: Guindaste

Nesse novo desafio você e seu grupo deverão elaborar uma adaptação para o “Projeto 2: Ventilador de mesa com 3 velocidade” desenvolvido no capítulo 3, transformando-o em um guindaste para suspender massas que serão fornecidas pelo professor.



- a) Construa ou faça as modificações necessárias para que o protótipo do ventilador funcione como um guindaste que será utilizado para suspender a maior massa possível. Faça um desenho esquemático da relação entre as polias ou engrenagens do guindaste construído indicando quais as polias usadas e o valor máximo da massa suspensa.

¹⁵ Física – Mecânica; Alberto Gaspar, Ed. Ática – 2000.

b) Após todos os grupos realizarem suas construções anote os valores dos raios das polias e das massas suspensas na tabela a seguir.

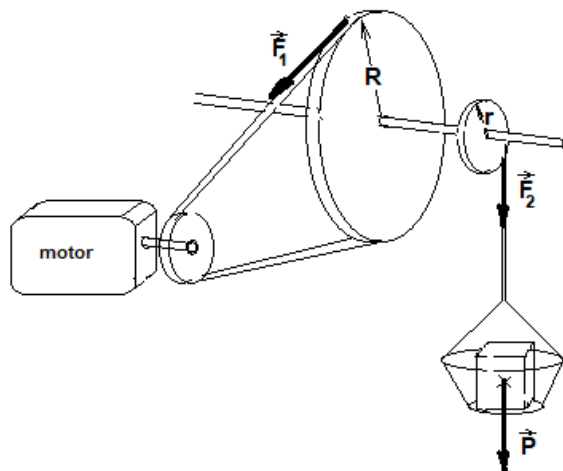
GRUPO	Polia/engrenagem motora	Polia/engrenagem presa ao fio	Massa suspensa

Destas observações podemos concluir que:

Quando acoplamos um motor a um eixo por meio de uma polia, quanto maior for o Raio desta polia, _____ será a velocidade de rotação deste eixo e conseqüentemente _____ será a Força de tração exercida em uma corda amarrada a este eixo (Torque do motor)

Como pudemos perceber neste projeto do guindaste a redução da velocidade angular do eixo provoca um aumento do torque no eixo utilizado para erguer as massas. Assim este mecanismo de redução da velocidade de rotação do eixo aumenta muito a capacidade do guindaste, ou seja, faz com que ele tenha a capacidade de erguer uma massa muito maior. **Mas como isso é possível?** Você juntamente com seus colegas, utilizando os conceitos de momento de Força que estudamos, seriam capazes de explicar a razão deste "ganho de Força" do nosso guindaste?

Para buscar uma explicação procure representar inicialmente as Forças que atuam nestes eixos de tração, para depois buscar uma resposta.



Você e seus amigos devem ter percebido que, para reduzimos a velocidade de rotação do eixo, utilizamos a polia de maior raio R ligada ao motor. A extremidade da polia é então tracionada por uma Força F_1 exercida pelo elástico (correia) na extremidade desta polia. Deste modo esta Força F_1 realiza um momento (TORQUE) sobre este eixo cujo braço será o próprio raio da polia e será dado por:

$$M_{F_1} = F_1 \cdot R$$

Assim podemos perceber que quanto maior o raio da Polia, maior será o momento que a Força F_1 irá provocar neste eixo.

Quando colocamos uma carga (massa) na cestinha que também está ligada ao eixo (que será erguida pelo eixo), o fio de sustentação também provocará neste eixo uma Força F_2 que criará outro torque com sentido contrário ao anterior. O braço deste novo torque será igual ao raio da polia menor r (caso o fio se enrole sobre o próprio eixo, o braço do momento será o próprio raio do eixo). Assim o momento de F_2 será:

$$M_{F_2} = F_2 \cdot r$$

Quando o sistema estiver subindo com velocidade constante e erguendo a carga máxima (quando o sistema estiver em eminência de repouso), teremos que o somatório dos momentos será nulo, ou seja:

$$M_{F_2} = M_{F_1}$$

$$F_2 \cdot r = F_1 \cdot R$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{R}{r}$$

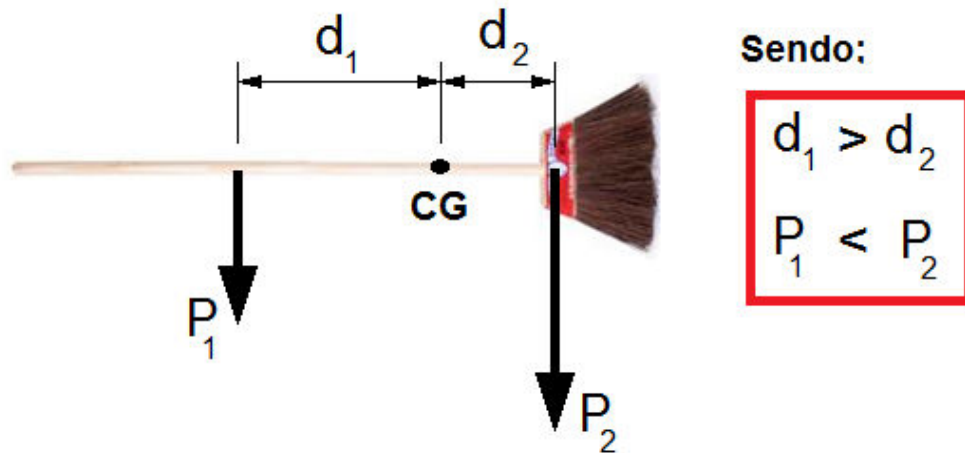
Esta equação nos mostra que, quanto maior for o valor da razão entre os raios das duas polias, maior será o valor de F_2 e conseqüentemente maior será a massa erguida pelo guindaste. Deste modo podemos chamar o valor desta reação de “Ganho de Força” do guindaste.

Ganho de força do guindaste \Rightarrow $G = \frac{R}{r}$

Assim se o raio da polia ligada ao motor for, por exemplo, 10 vezes maior que o raio da polia onde o fio do guindaste irá se enrolar, teremos um ganho de 10, ou seja, o valor da Força F_2 será 10 vezes maior que o módulo de F_1 .

Equilíbrio de corpos extensos

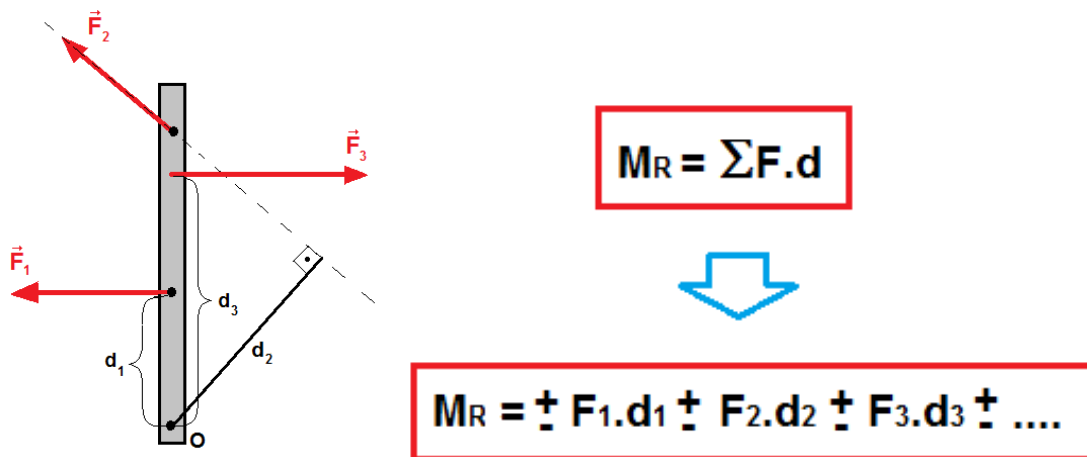
No equilíbrio de um corpo extenso como a vassoura, os blocos de madeiras ou a cadeira de rodas existem normalmente mais de uma Força atuando no corpo, ou seja, seu equilíbrio depende no torque de cada Força atuante. Ficaré em equilíbrio se o torque resultante for nulo, como no caso da vassoura.



Podemos matematicamente quantificar as Forças necessárias para o equilíbrio. Para isso trabalharemos como um somatório dos momentos, ou momento resultante.

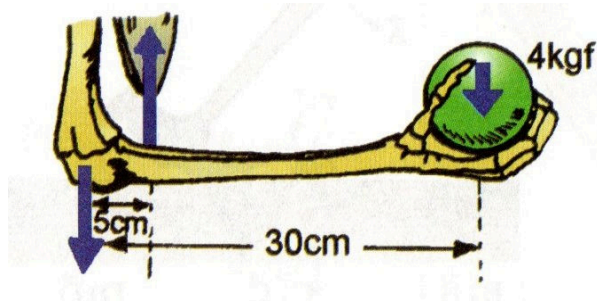
Momento de Força resultante ou Torque resultante

Momento resultante é o somatório (Σ) dos momentos de todas as Forças que atuam no corpo, em relação a um determinado ponto.



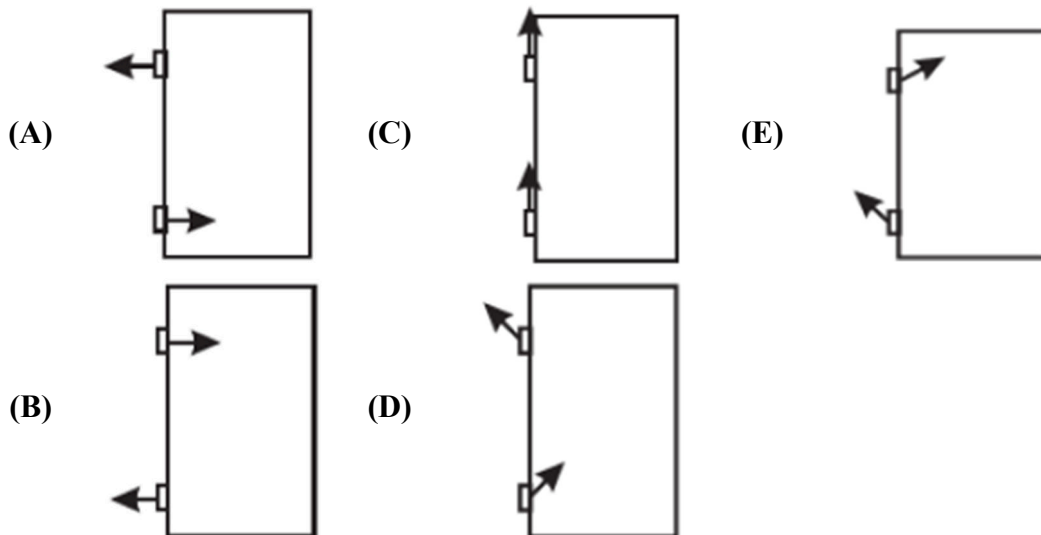
Exercícios de Torque

- 1) (UNIFOR-CE¹⁶) O músculo do braço de um indivíduo está preso ao antebraço num ponto situado a 5cm da articulação:



Se o antebraço tem 30cm de comprimento, para elevar uma carga de 4kgf sustentada pela mão, o músculo do braço deve empregar uma força de:

- (A) 24 kgf
(B) 30 kgf
(C) 12 kgf
(D) 4 kgf
- 2) (ENEM) O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.
No plano, o diagrama vetorial das Forças que as dobradiças exercem na porta está representado em:



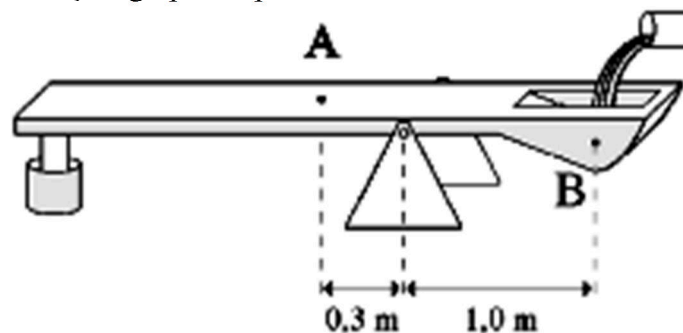
¹⁶ UNIFOR-CE – Universidade de Fortaleza

- 3) (ENEM) Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio. Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?



- (A) 3,00 kg
 (B) 3,75 kg
 (C) 5,00 kg
 (D) 6,00 kg
 (E) 15,00 kg

- 4) (FMTM¹⁷) O monjolo é um engenho rudimentar movido a água, que foi muito utilizado para descascar o café, moer o milho ou mesmo fazer a paçoca. Esculpido a partir de um tronco inteiro de madeira, o monjolo tem em uma extremidade o socador do pilão e na outra extremidade, uma cavidade, que capta a água desviada de um rio. Conforme a cavidade se enche com água, o engenho eleva o socador até o ponto em que, devido à inclinação do conjunto, a água é derramada, permitindo que o socador desça e golpee o pilão.

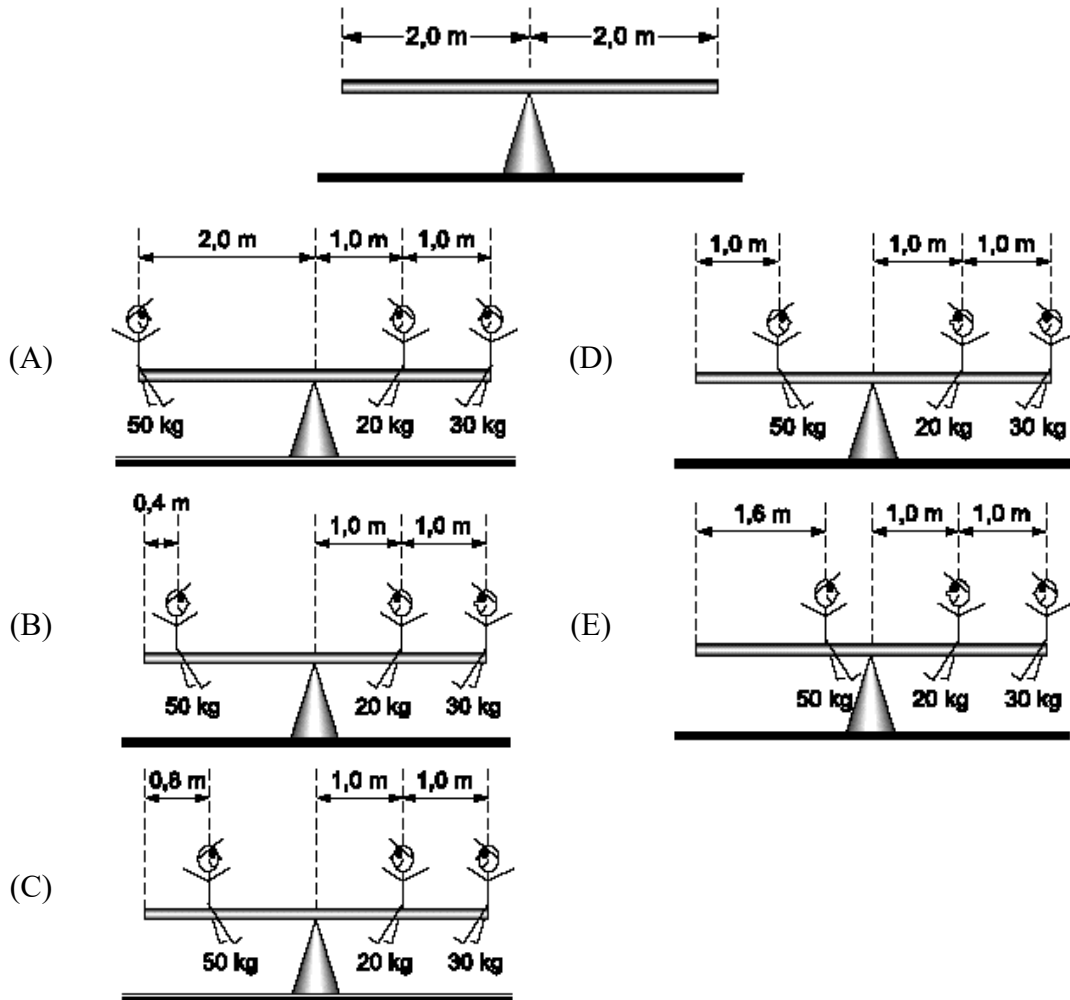


O centro de massa de um monjolo de 80kg, sem água, encontra-se no ponto A, deslocado 0,3m do eixo do mecanismo, enquanto que o centro de massa da água armazenada na cavidade está localizado no ponto B, a 1,0m do mesmo eixo. A menor massa de água a partir da qual o monjolo inicia sua inclinação é, em kg,

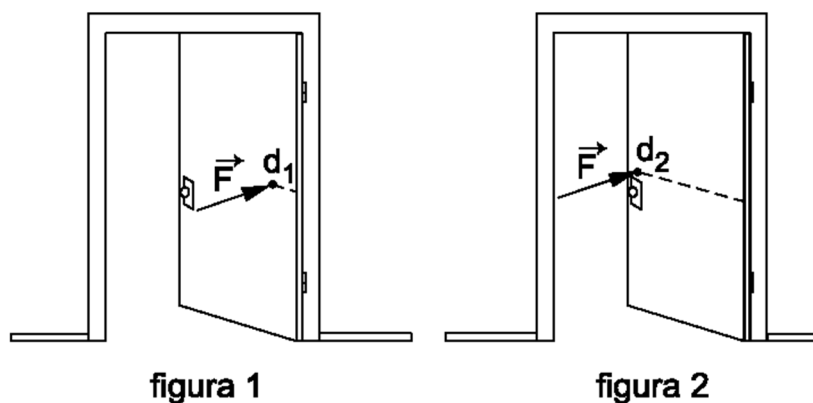
- (A) 12.
 (B) 15.
 (C) 20.
 (D) 24.
 (E) 26.

¹⁷ FMTM – Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro

- 5) (MACKENZIE-SP) Três crianças de massas 20kg, 30kg e 50kg estão brincando juntas numa mesma gangorra. Considerando que a massa dessa gangorra está distribuída uniformemente, as posições em que as crianças se mantêm em equilíbrio na direção horizontal estão melhor representadas na figura:



- 6) (PUC-SP) Podemos abrir uma porta aplicando uma Força \vec{F} em um ponto localizado próximo à dobradiça (figura 1) ou exercendo a mesma Força \vec{F} em um ponto localizado longe da dobradiça (figura 2). Sobre o descrito, é correto afirmar que:



- (A) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é menor.
- (B) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é maior.
- (C) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é menor.
- (D) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é maior.
- (E) não há diferença entre aplicarmos a Força mais perto ou mais longe da dobradiça, pois o momento de \vec{F} independe da distância d entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da Força.

7) (UERJ)



Na figura acima, o ponto F é o centro de gravidade da vassoura. A vassoura é serrada no ponto F e dividida em duas partes: I e II.

A relação entre os pesos P_I e P_{II} , das partes I e II respectivamente, é representada por:

- (A) $P_I = P_{II}$.
- (B) $P_I > P_{II}$.
- (C) $P_I = 2 P_{II}$.
- (D) $P_I < P_{II}$.
- (E) $3P_I = 2P_{II}$.

Vamos construir uma cadeira de roda motorizada? LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

IMAGINE que você é o projetista chefe de uma empresa que foi convidada por uma instituição filantrópica chamada Associação dos Amigos Deficientes Físicos – RJ (AADEF-RJ), para participar de uma licitação para a construção de muitas cadeiras de rodas elétricas num período de 5 anos, podendo chegar a mais de 10mil cadeiras, para os deficientes de locomoção que estão inscritos no programa social do governo que distribui cadeiras de rodas elétricas para pessoas desprovidas de condições financeiras e que se enquadram no perfil social do programa.



Seis empresas foram selecionadas dentre mais de 200 inscritas no lançamento da licitação, sendo que nessa fase final será escolhida apenas uma empresa para a construção de todas as cadeiras. Nessa última fase da licitação as seis empresas restantes produzirão um protótipo de uma cadeira de rodas elétrica que será avaliada pela comitiva, escolhendo a empresa

campeã.

Deste modo você e seus colegas de grupo deverão atuar como representantes de um grupo de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa fictícia que participa desta licitação. Deverão elaborar um projeto e construir o protótipo de uma cadeira de rodas elétrica. Nesta etapa final da licitação

Serão avaliados quesitos como:

- 5) **Velocidade** – A velocidade que poderá atingir a cadeira.
- 6) **Rampa** – A potência da cadeira no transporte de diferentes massas e em diferentes rampas de inclinação.
- 7) **Estabilidade e direcionamento** – Estabilidade da cadeira no plano e na rampa e direcionamento em trajetória retilínea.
- 8) **Estética, dimensionamento, acabamento e funcionamento** – A beleza e harmonia da cadeira e seus acessórios essenciais, avaliando se as dimensões da cadeira estão dentro ou próxima do padrão. Avaliando também se a cadeira funciona normalmente ao ligar a chave interruptora.

Para atingir este objetivo será necessário executar vários estudos teóricos e desenvolver atividades práticas e testes relacionados aos fenômenos e equipamentos técnicos que serão necessários na elaboração deste projeto. Assim antes de preparar nossos protótipos de cadeiras de roda elétrica, estudaremos alguns conceitos que estão relacionados: a) a montagem elétrica e os dispositivos de controle e acionamento que serão necessários (material em apêndice); b) a confecção de uma estrutura mecânicas que darão sustentação ao protótipo; c) as formas de transmissão do movimento e estabilidade do protótipo; bem como d) a análise de potência associada ao movimento destas cadeiras no plano e em rampas

Então mãos a obra.....

Apêndice B

Material para o Professor



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE
PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS
DE ACESSIBILIDADE**

(MATERIAL DO PROFESSOR)

Angelo Araújo de Carvalho

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado do Angelo Araújo de Carvalho, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

Apêndice B - Material do Professor

Este material é destinado aos professores que desejarem usar o nosso Produto Educacional sobre os conceitos de estática do corpo rígido. Nele, apresentaremos algumas características de nossa sequência didática, bem como sugestões de como aplicá-la. O material do aluno foi planejado de forma que o estudante sempre possa desenvolver alguma ação que o faça pensar sobre o conteúdo ministrado na aula, seja por meio da leitura de um texto, debates ou experimentos. O objetivo principal do trabalho é promover a Alfabetização Científica (AC), para isso, para planejamento das atividades utilizamos os pressupostos teóricos do Ensino por Investigação com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

As características de uma atividade com enfoque CTS, como prevê Aikenhead (1994a apud SANTOS) estão representadas na figura 2.2. Por isso a necessidade de uma estruturação organizada no planejamento da aula, possibilitando ao aluno uma pluralidade de meios de comunicação de forma coordenada. Além de incluir os estudantes na construção do conhecimento, almejando gerar nos alunos novas significações dos conceitos e fenômenos num ensino com enfoque em CTS.

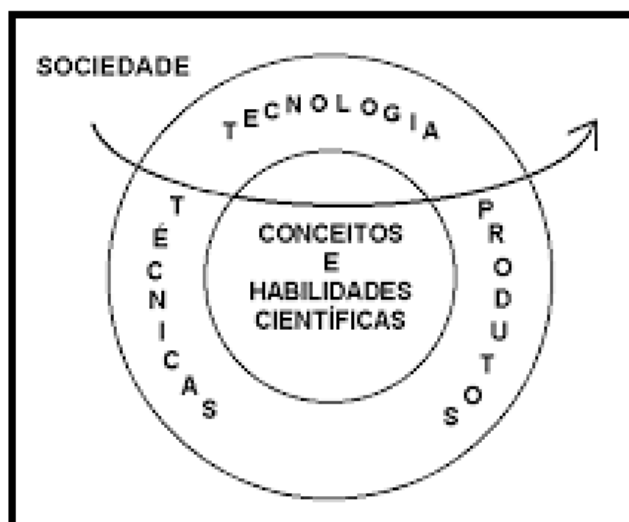


Figura 2.2: Sequência da estrutura dos materiais de CTS
(Fonte: AIKENHEAD, 1994a, p.57 apud SANTOS, 2012 p.54)

O planejamento da sequência didática da proposta de trabalho é composta por 8 encontros, cada um com dois tempo de 50 minutos, sendo uma delas a aplicação do *Apêndice C: Circuitos Elétricos Simples* também com dois tempos logo após a

apresentação do tema motivador do projeto e por último a disputa, premiação e entrega dos diplomas aos participantes.

Tabela 4.1 Tabela com o planejamento das atividades do projeto

ENCONTROS (2 tempos cada)	ASSUNTOS
I	Capítulo 1- Apresentação e tema motivador
II	Apêndice A – Circuitos elétricos
III	Capítulo 2 – Equilíbrio de centro de massa
IV	Projeto 1 – Ventilador de uma velocidade e tipos de equilíbrio
V	Capítulo 3 - Movimento circular e sua transmissão e Projeto 2 - ventilador de três velocidades
VI	Capítulo 4 – Torque e Projeto 3 – Guindaste
VII	Projeto Final – Protótipo da cadeira de rodas elétricas
VIII	Finalização do Projeto – Disputa entre os protótipos e premiação

(Fonte: Autoria própria)

Esta é apenas sugestão de aplicação, no entanto é importante que o professor fique atento às adaptações do seu planejamento tendo em vista as especificidades dos seus estudantes bem como as interações entre os pares e com o professor. Pois serão estas interações aluno-professor que dará indícios de como está o transcorrer do curso na turma selecionada e ajudará nas orientações e replanejamentos durante a aplicação do projeto. É importante que o professor fique atento às respostas escritas, as interações entre aluno-professor, ou mesmo as interações aluno-aluno.

B1 – Encontro I

Nesta etapa inicial é importante fornecer condições para que os alunos não apenas leiam os textos sugeridos, mas também possam estabelecer conexões entre o que estão lendo e os conhecimentos de suas experiências anteriores. Valorizando assim os conhecimentos prévios dos estudantes e incentivando o debate sobre o tema abordado.

“..., pode ser aplicada no início da apresentação de um tema, como incentivo à discussão,...” (SASSERON e MACHADO, 2017. P.83)

Deste modo favorece-se o desenvolvimento da sensibilidade moral dos estudantes, característica fortemente desejada por pesquisadores que utilizam elementos de uma

abordagem CTS para promoção da Alfabetização Científica de todos os estudantes (PENHA e CARVALHO, 2013).

Com a inserção dos alunos na problemática de acessibilidade dos cadeirantes propomos um desafio que foi uma temática fictícia como mostrado na figura 4.6 no texto da dissertação. Os estudantes devem ser motivados a atuarem como projetistas de empresas, sendo cada grupo uma das cinco empresas finalistas no processo de licitação feita pelo governo federal.

B2 – Encontro II

No segundo encontro trabalhamos um dos conhecimentos que surgiram como necessários para ser um projetista, que foi a eletricidade. Por esse motivo inserimos em nossa sequência didática o uso do *Apêndice C: Circuitos Elétricos Simples*¹⁸ que discutimos ligações simples de circuitos elétricos.

O objetivo dessa etapa é trabalhar conceitos básicos, como por exemplo, o fornecimento de energia pela bateria e como o interruptor pode ligar e desligar a lâmpada interrompendo a corrente elétrica no fio condutor. Já que a intenção não é realizar um curso integral de eletricidade. O professor deve ter preocupação em identificar os conhecimentos prévios dos estudantes: quais eles possuem e quais ele deve rever com aos estudantes, como por exemplo, reconhecer os equipamentos mostrados na figura 4.9 no texto da dissertação.

B3 – Encontro III

O 3º encontro tem como objetivo que os estudantes percebam as características do equilíbrio do ponto material e do corpo extenso. Destacando a dificuldades associadas ao movimento e equilíbrio dos cadeirantes e os problemas diários que eles sofrem.

As atividades desse encontro foram planejadas de modo a promover os desejados “Conflitos Cognitivos” descritos na teoria do Desenvolvimento Cognitivo proposta por PIAGET (1978, apud CARVALHO, 2008). Como mencionado na página 57 do texto da dissertação. As atividades desencadeiam o processo de Equilibração, na qual o

¹⁸ Material adaptado do projeto **OFICINAS DE ASSIONAMENTO E ROBÓTICA** desenvolvimento no Grupo de Pesquisa do Laboratório Didático de Ensino de Física do Colégio de Aplicação da UFRJ (LaDEF-UFRJ).

estudante deve assimilar e acomodar este novo conhecimento que será promotor de seu desenvolvimento (CARVALHO, 2008).

Por isso é necessária muita atenção na forma como o professor apresenta estas atividades. Sugerimos que o professor oriente e ajude aos estudantes na busca pela resposta, porém não elabore de imediato as respostas para as questões formuladas. É necessário deixar para os estudantes a decisão de como buscar as respostas para os “Conflitos Cognitivos” que surgirem. (PIAGET, 1978, apud CARVALHO, 2008)

B4 – Encontro IV

O primeiro equipamento que os estudantes são desafiados a construir é o ventilador de 1 velocidade. Para essas construções os alunos receberão estruturas mecânicas produzidas pelo autor dessa dissertação e outras compradas pela escola de uma empresa se chamada *Modelix* (www.modelix.com.br), essas peças podem ser visualizadas na figura 4.27 no texto da dissertação.

Nesta etapa desafiadora o professor deve lembrar das características de uma atividade com enfoque em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), como prevê Aikenhead (1994a, p.57 apud SANTOS, 2012 p.54).

B5 – Encontro V

O encontro V trata conceitos de cinemática do movimento circular. Para isso propomos algumas questões desafiadoras aos estudantes. São propostas aos estudantes algumas atividades investigativas para uma melhor compreensão da conversão entre unidades de medida de ângulo, para a compreensão do período (tempo de uma volta completa), velocidade angular e transmissão de movimento circular.

Neste encontro os alunos são desafiados a construir um ventilador que possibilite operar com três velocidades diferentes de rotação. Para isso utilizam os conhecimentos de transmissão de movimento circular na elaboração de seus projetos.

B6 – Encontro VI

No encontro VI os estudantes devem resolver as atividades do último capítulo do Produto Educacional. Retomando os estudos do equilíbrio do corpo extenso e do Centro

de Massa no capítulo 2 do Produto Educacional. Nesta etapa os estudantes trabalharão conceitos de torque com simulações no site PHET¹⁹ e com a construção de guindastes com os mesmos materiais (www.modelix.com.br) disponibilizados para a construção do ventilador de três velocidades.

O professor deve ter consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Por isso nas atividades investigativas ou nos projetos de construções, deve-se dar tempo para os estudantes refletirem sobre suas respostas e tomadas decisões que não solucionaram o problema, já que Piaget (1974) entende a necessidade do erro (desequilíbrio) para que ocorra um novo conhecimento (equilíbrio).

*“O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno ensina mais do que muitas aulas expositivas quando um aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.”
(CARVALHO, 2013, p.3).*

B7 – Encontros VII e VIII

No encontro VII retomamos a proposta inicial do Produto Educacional em curso que é a *Licitação das cadeiras de rodas elétricas*. Nesta etapa os estudantes atuarão como projetistas das empresas devem elaborar um projeto e construir um protótipo de cadeira de rodas elétrica.

No encontro seguinte os grupos participarão de uma disputa entre eles. A empresa vencedora ‘ganhará’ do governo federal a licitação da construção de milhares de cadeiras. Essa história fictícia tem por objetivo despertar o interesse e estimular a participação dos estudantes para realização desta atividade, Sugerimos que o professor atue juntamente com a direção de sua unidade escolar para organizar as premiações entre os grupos participantes, por exemplo elaborando certificados de menção honrosa aos grupos que se destacarem.

¹⁹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-act> acessado em 27 de outubro de 2019

Apêndice C

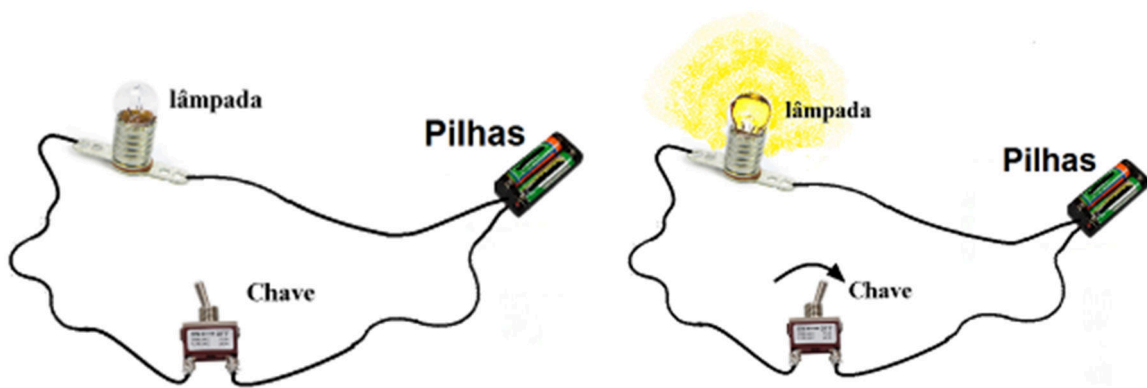
Circuitos Elétricos Simples²⁰

²⁰ Material adaptado do projeto **OFICINAS DE ASSIONAMENTO E ROBÓTICA** desenvolvimento no Grupo de Pesquisa do Laboratório Didático de Ensino de Física do Colégio de Aplicação da UFRJ (LaDEF-UFRJ).

Circuitos Elétricos simples

São incontáveis os aparelhos elétricos que utilizamos em nosso cotidiano. A grande maioria destes equipamentos tem como princípio básico de funcionamento o deslocamento de cargas elétricas que se movimentam no interior de fios condutores e de outros materiais.

Para exemplificar, vamos inicialmente estudar alguns circuitos elétricos simples. Na figura abaixo uma fonte de tensão (Bateria ou pilha) fornece energia para acender uma lâmpada.



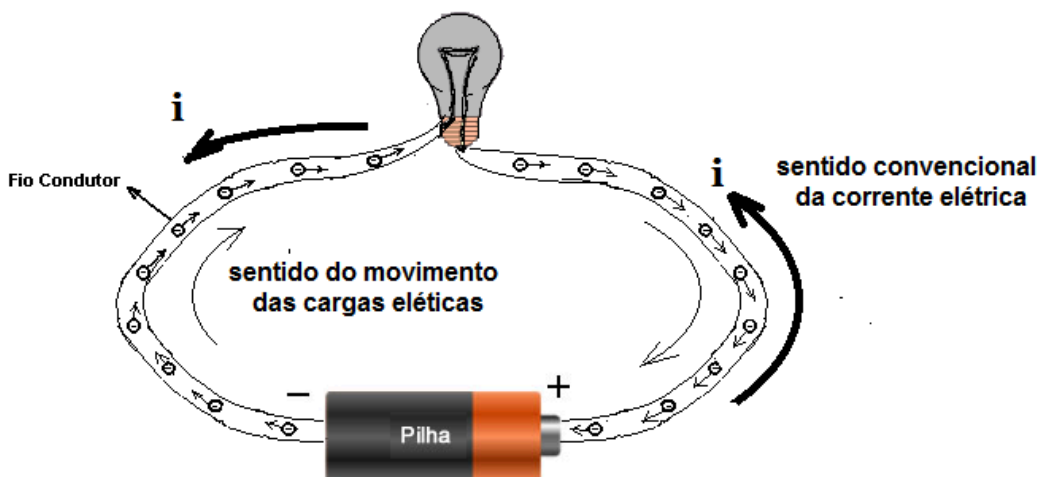
a) com a chave aberta a lâmpada permanece apagada

b) com a chave fechada a lâmpada acende

Ao ligarmos a chave, surgirá no fio condutor um fluxo de elétrons que serão atraídos para a placa positiva da fonte. A este fluxo ordenado de elétrons livres que se deslocam por todo o fio condutor indo em direção à placa positiva da fonte chamamos de **corrente elétrica**.

Assim todas às vezes que ligamos os terminais de um fio condutor a pontos com uma certa **diferença de potencial (d.d.p ou voltagem)**, surgirá neste fio **condutor uma corrente elétrica (i)** que é formada por um fluxo de elétrons em movimento.

ATIVIDADE



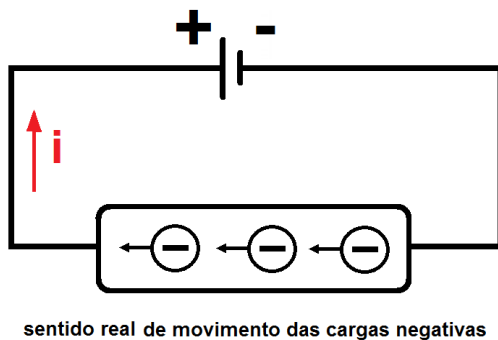
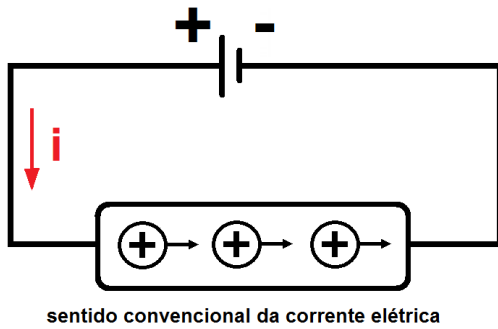
Você seria capaz de fazer uma lâmpada acender utilizando apenas uma pilha e dois fios? Então mãos a obra....

a. Sentido convencional da corrente elétrica

Todo o estudo dos circuitos elétricos foi desenvolvido com base na teoria do fluido elétrico de Franklin. Segundo essa teoria o fluido escoava do pólo positivo para o pólo negativo da pilha.

No século XX, com o modelo atômico da matéria, ficou estabelecido que, num fio metálico, as cargas que se movem são negativas (elétrons), portanto, em sentido oposto ao que sempre fora adotado.

Para padronizar essa representação, resolveu-se convencionar o sentido da corrente como o sentido do movimento que as cargas teriam se fossem positivas. Assim, ficou estabelecida esta convenção:



O sentido de uma corrente elétrica sempre será representado como se as cargas móveis fossem positivas. Sendo esse o sentido CONVENCIONAL

Notamos no circuito simples montado para acender a lâmpada que a mesma deve ser ligada aos terminais do gerador, produzindo um fluxo de corrente elétrica. Claro que na montagem de diversos circuitos elétricos são necessários vários componentes, a seguir listamos alguns dos principais elementos.


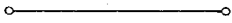
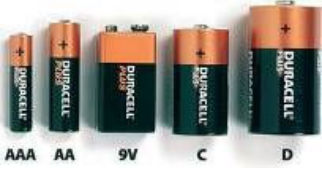
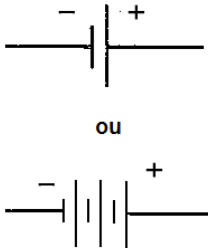
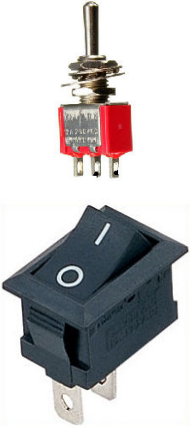


b. Alguns componentes básicos para montagem de um circuito elétrico:

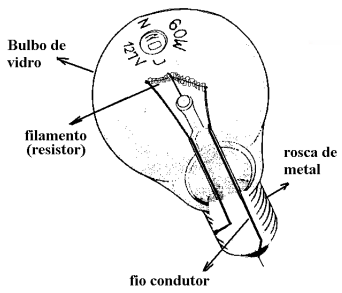
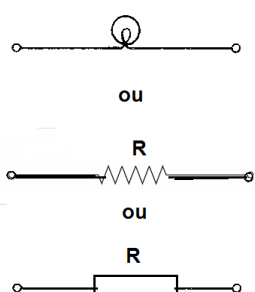


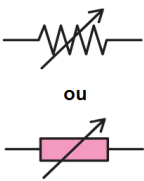
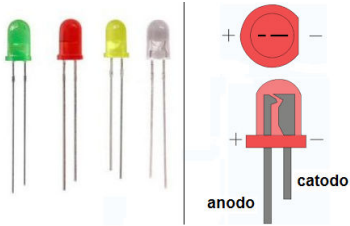
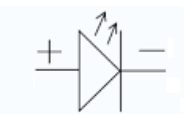
Para a montagem de um circuito elétrico são necessários basicamente:


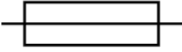



- Componentes que forneçam energia ao circuito (Bateria, pilhas, geradores)
- Componentes para a transmissão da corrente elétrica (fios condutores)
- Componentes para ligar e desligar o circuito (chaves)
- Elementos que transformem a energia elétrica em outra forma de energia. (lâmpadas, aquecedores, LEDs, motores, etc..)

A seguir destacamos alguns componentes que utilizamos para montagem de nossos circuitos, uma rápida descrição de sua função e o símbolo que utilizamos para representá-los.

Quadro 1: Componentes para montagem de circuitos

Elemento	Características	Símbolo
<p>a)Fios condutores</p> 	<p>São geralmente constituídos de uma parte central metálica recoberta de material isolante. É através destes componentes que as cargas elétricas (corrente elétrica) é transportada pelas diferentes partes do circuito elétrico.</p>	
<p>b)Bateria, Pilhas ou Geradores</p> 	<p>São os dispositivos que fornecem a energia elétrica aos circuitos. Nas pilhas e baterias ocorre reações químicas de oxidação de diferentes metais que transformam a energia potencial das ligações químicas em energia potencial elétrica. Os geradores eletromagnéticos utilizam propriedades magnéticas para transformar basicamente a energia do movimento em energia elétrica.</p>	
<p>c-1)Chave e Interruptores</p> 	<p>Existem vários tipos de chaves e interruptores. Elas servem para ligar e desligar os circuitos. São feitas de material condutor e geralmente possuem uma parte móvel para estabelecer contato elétrico entre seus terminais.</p>	
<p>c-2)Chave Momentânea</p> 	<p>Quando o botão é apertado, os contatos entre os terminais de cada lado são ligados entre si.</p> <p>Possui 4 pinos (os 2 pinos de cada lado já estão em contato normalmente. Quando o botão é apertado os 4 entram em contato)</p>	

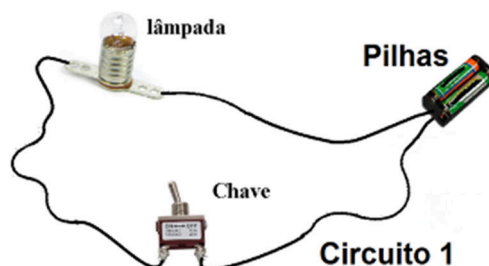
<p>d-1) Resistores metálicos</p> 	<p>Os resistores são dispositivos utilizados entre outras coisas para transformar a energia elétrica em energia térmica. Nas lâmpadas incandescentes o resistor é aquela molinha colocada bem no interior do bulbo de vidro como mostra a figura. Ao ser percorrido pela corrente elétrica este resistor chega a atingir a temperatura de aproximadamente 2000 graus Celsius.</p>	
<p>d-2) Resistores para circuito eletrônico</p> 	<p>Limita a corrente elétrica que passa pelo circuito.</p>	
<p>d-3) Resistor Variável (Potenciômetro)</p> 	<p>Varia a resistência dos terminais conforme a haste superior é girada</p>	
<p>d-3) LED</p> 	<p>O LED, é um Diodo Emissor de Luz, (Light Emitting Diode), é usado para a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada. Emite uma luz quando uma pequena corrente o excita (apenas em uma direção, do pino mais longo [anodo] para o pino mais curto [catodo])</p>	

<p>e-1) Fusíveis</p> 	<p>São chamados de dispositivos de proteção do circuito elétrico. Eles se utilizam do efeito térmico da corrente elétrica em seu funcionamento. Caso o valor da corrente elétrica ultrapasse um valor que possa danificar uma parte</p>	 <p>ou</p> 
<p>e-2) Disjuntores</p> 	<p>deste circuito estes dispositivos interrompem sua passagem.</p>	

(Fonte: OFICINA DE ASSIONAMENTO E ROBÓTICA, LADEF, 2017)

c. Os circuitos Elétricos

Vamos retomar o exemplo do circuito simples para acender uma lâmpada. Como vimos, para que se estabeleça uma corrente elétrica nos fios condutores é necessário conectarmos seus terminais a uma fonte de tensão (bateria ou pilha), formando um circuito fechado.



Vamos planejar e montar alguns circuitos elétricos a seguir para compreender as particularidades das ligações em série e em paralelo e as funções do interruptor e do fusível. Lembre-se de usar as folhas de respostas no final desse material para as atividades a seguir.

Então vamos ao trabalho.....

ATIVIDADE

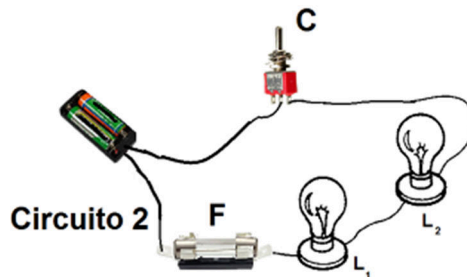
- Utilizando os símbolos padronizados faça a representação esquemática para o circuito 1 mostrado na figura acima contendo fios, duas pilhas e uma lâmpada. ANTES DE MONTAR O CIRCUITO

Obs.: Quando fazemos a representação de um circuito devemos representa-lo sempre como se estivesse desligado (produto na prateleira da loja)

- b) Utilizando os componentes adequados MONTE o circuito acima.
(Identifique juntamente com os membros do seu grupo o percurso real da corrente elétrica)

ATIVIDADE

Ao lado vemos o esquema de duas pilhas que alimentam duas lâmpadas. C é a chave interruptora e F é um fusível. A diferença de potencial entre os terminais das pilhas é de 3V.

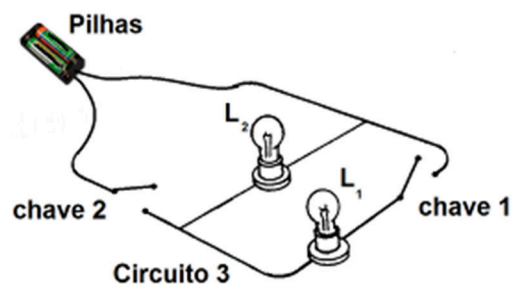


Faça um diagrama esquemático do circuito 2, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, indicando o sentido convencional da corrente.

- a) MONTE o circuito da figura com os componentes adequados

ATIVIDADE

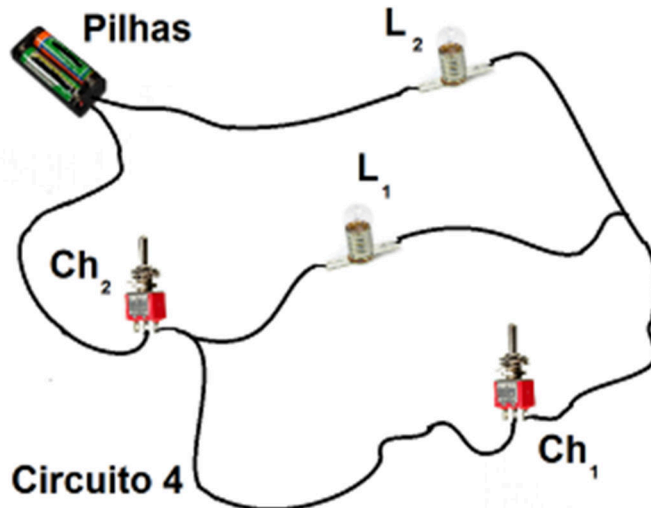
A figura mostra um circuito elétrico composto por duas pilhas, duas lâmpadas, duas chaves e fios.



- a) Faça um diagrama esquemático do circuito 3, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, utilizando os símbolos padronizados.
- b) Diga que lâmpadas estarão acesas quando:
1. As chaves 1 e 2 estiverem abertas
 2. A chave 1 estiver aberta e a chave 2 fechada
 3. A chave 1 estiver fechada e a chave 2 aberta
 4. As chaves 1 e 2 estiverem fechadas
- c) Identifique no seu próprio diagrama em que posição deverá ser colocado um fusível para que toda a corrente do circuito passe por ele.
- d) MONTE o circuito 3 e verifique se suas respostas estão corretas.

ATIVIDADE

A figura apresentada é um esquema onde duas lâmpadas são ligadas a duas pilhas e duas chaves.



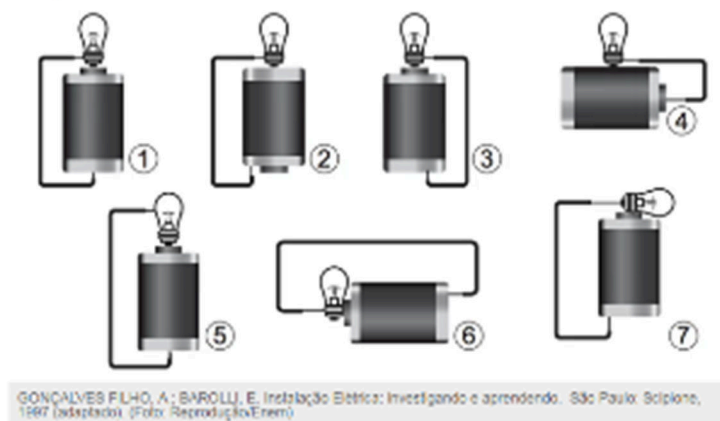
- a) Faça um diagrama esquemático do circuito 4, ANTES DE MONTAR O CIRCUITO, utilizando os símbolos padronizados.
- b) Diga que lâmpadas estarão acesas quando:
1. As chaves 1 e 2 estiverem abertas
 2. A chave 1 estiver aberta e a chave 2 fechada
 3. A chave 1 estiver fechada e a chave 2 aberta
 4. As chaves 1 e 2 estiverem fechadas.
- c) MONTE o circuito 4 da figura e verifique se suas respostas estão corretas

Bem como vimos na montagem do circuito 3, quando ambas as chaves estiverem abertas as lâmpadas ficarão apagadas. Já com a chave 1 aberta e a chave 2 fechada somente a lâmpada L₂ acenderá. Ao fecharmos a chave 1 com a chave 2 aberta as lâmpadas não acendem. Por fim com ambas as chaves fechadas às lâmpadas L₁ e L₂ acendem. Com isso podemos perceber que a chave 2 desliga ambas as lâmpadas, pois por ela passa toda a corrente do circuito, já pela chave 1 passa somente a corrente da lâmpada L₁, ou seja, ao abrir a chave 1 somente a lâmpada L₁ apaga, já a chave 2 desliga todo o circuito.

No circuito 4 a chave 2 desliga todo o circuito apagando ambas as lâmpadas (L₁ e L₂), já a chave 1 provoca curto-circuito na lâmpada L₁, fazendo que a corrente percorra um caminho alternativo ao invés de passar pela lâmpada L₁. Após essas atividades práticas podemos compreender melhor o funcionamento dos circuitos e assim resolver os problemas a seguir.

Exercícios de eletricidade

- 1) (ENEM) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



- (A) (1), (3), (6)
 (B) (3), (4), (5)
 (C) (1), (3), (5)
 (D) (1), (3), (7)
 (E) (1), (2), (5)
- 2) (PUC-SP²¹) Os passarinhos, mesmo pousando sobre fios condutores desencapados de alta tensão, não estão sujeitos a choques elétricos que possam causar-lhes algum dano. Qual das alternativas indica uma explicação correta para o fato?

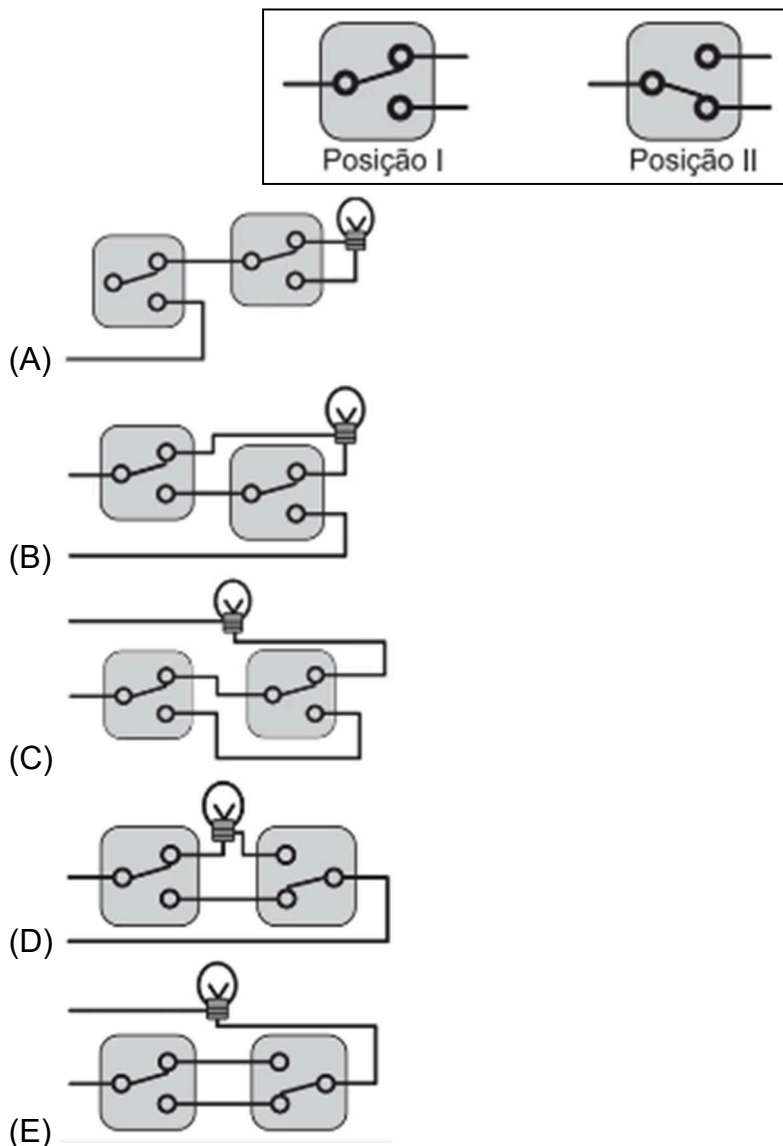


- (B) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) é quase nula.
 (C) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) é muito elevada.
 (D) A resistência elétrica do corpo do pássaro é praticamente nula.
 (E) O corpo do passarinho é um bom condutor de corrente elétrica.
 (F) A corrente elétrica que circula nos fios de alta tensão é muito baixa.

- 3) (ENEM) Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor.

²¹ PUC-SP _ Pontifícia Universidade Católica – São Paulo

Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.



- 4) (ENEM) Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que e:

- (A) o fluido elétrico se desloca no circuito.
- (B) as cargas negativas móveis atravessam o circuito
- (C) a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- (D) o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- (E) as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

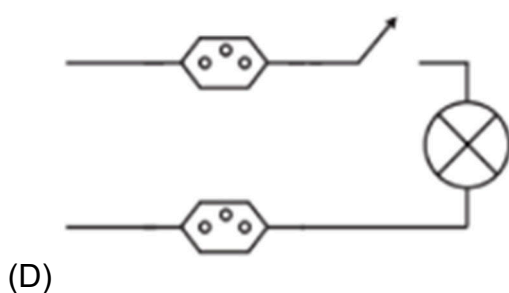
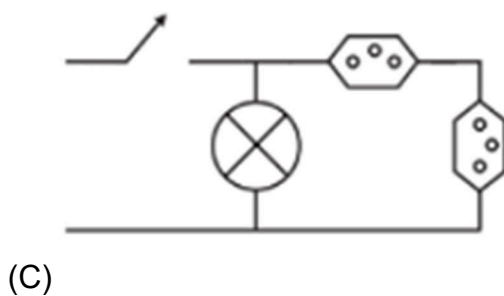
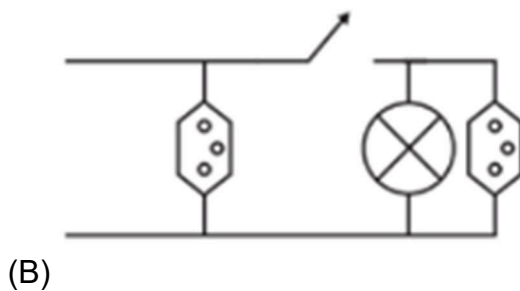
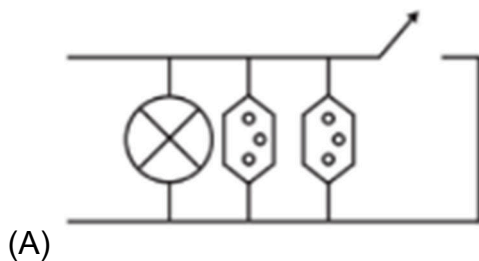
5) (ENEM) Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

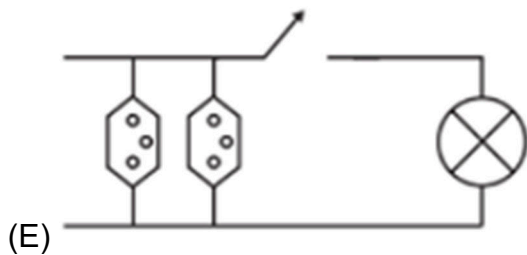
“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” – pensou.

Símbolos adotados:



Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?





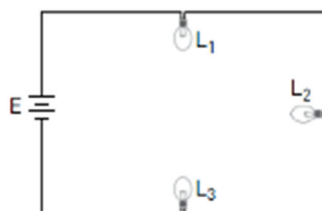
- 6) (UFG²²) Nos choques elétricos, as correntes que fluem através do corpo humano podem causar danos biológicos que, de acordo com a intensidade da corrente, são classificados segundo a tabela abaixo.

	Corrente elétrica	Dano biológico
I	Até 10 mA	Dor e contração muscular
II	De 10 mA até 20 mA	Aumento das contrações musculares
III	De 20 mA até 100 mA	Parada respiratória
IV	De 100 mA até 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
V	Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves

DURAN, J.E.R. *Biofísica - fundamentos e aplicações*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. p.178. [Adaptado].

Considerando que a resistência do corpo em situação normal é da ordem de 1500Ω , em qual das faixas acima se enquadra uma pessoa sujeita a uma tensão elétrica de 220 V?

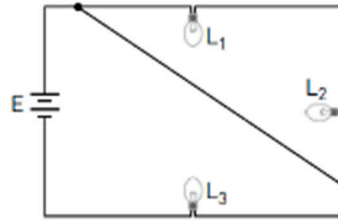
- (A) V
 (B) IV
 (C) III
 (D) II
 (E) I
- 7) (UERJ²³) Em uma experiência, três lâmpadas idênticas $\{L_1, L_2, L_3\}$ foram inicialmente associadas em série e conectadas a uma bateria E de resistência interna nula. Cada uma dessas lâmpadas pode ser individualmente ligada à bateria E sem se queimar. Observe o esquema desse circuito, quando as três lâmpadas encontram-se acesas:



²² UFG – Universidade Federal de Goiás

²³ UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Em seguida, os extremos não comuns de L_1 e L_2 foram conectados por um fio metálico, conforme ilustrado abaixo:



A afirmativa que descreve o estado de funcionamento das lâmpadas nessa nova condição é:

- (A) As três lâmpadas se apagam.
- (B) As três lâmpadas permanecem acesas.
- (C) L_1 e L_2 se apagam e L_3 permanece acesa.
- (D) L_3 se apaga e L_1 e L_2 permanecem acesas.