



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

**ROBÓTICA COM ARDUÍNO PARA O DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA DAS LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO**

**TERESINA**

**2022**

**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

**ROBÓTICA COM ARDUÍNO PARA O DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA DAS LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí - UFPI como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Médio

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Janete Batista de Brito

**TERESINA**

**2022**



FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

C266r Cardoso, Raimundo Robson Lima.  
Robótica com Arduíno para o desenvolvimento da  
aprendizagem significativa das leis de Newton no ensino  
médio / Raimundo Robson Lima Cardoso. – 2022.  
139 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal  
do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em  
Ensino de Física, Teresina, 2022.

“Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Janete Batista de Brito”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Recurso Didático –  
Robótica - Arduíno. 3. Leis de Newton. I. Brito, Janete  
Batista. II. Título.

CDD 530.7

RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO

ROBÓTICA COM ARDUÍNO PARA O DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA DAS LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional  
apresentada à Coordenação do Curso de  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de  
Física - MNPEF - Polo 26, da Universidade  
Federal do Piauí - UFPI como requisito para  
obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Médio

Aprovada em: 08 de abril de 2022

BANCA EXAMINADORA

*Janete Batista de Brito*

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Janete Batista de Brito (Orientadora)  
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

*Cláudia Adriana de Sousa Melo*

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Cláudia Adriana de Sousa Melo.  
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

*Paulo Henrique Ribeiro Barbosa*

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa  
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

*Francisco Leandro de O. Rodrigues*

---

Prof. Dr. Francisco Leandro de Oliveira Rodrigues  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

*Marcio Gomes da Silva*

---

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Dedico este trabalho a todos os professores da  
minha vida, cujas contribuições foram essenciais  
para esta conquista exitosa.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francisco Cardoso Ribeiro e Maria Lima Ribeiro, pelos ensinamentos mais valiosos, pois é um momento especial no qual o amor e o conhecimento estão juntos em nossas vidas. Aos meus irmãos, pelo o apoio e as oportunidades de brincar e aprender juntos.

A Minha esposa Eliene pela paciência, pelo "empurrão" para eu fazer a inscrição no mestrado e o apoio emocional durante todos os momentos, inclusive nas minhas noites de insônia.

À professora Dr<sup>a</sup>. Janete Batista de Brito, minha orientadora e, sobretudo, uma querida amiga pelas valiosas contribuições dadas durante toda esta longa jornada.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Neuton Alves de Araújo, meu conterrâneo, pelos ensinamentos e contribuições, que estão refletidos neste trabalho. Um miguelalvense que cumpre a profecia presente no hino de nossa terra.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro com código de financiamento 001.

Aos docentes do MNPEF/ UFPI, essenciais no meu processo de formação profissional pela elevada qualidade do ensino oferecido.

Aos colegas do curso MNPEF/UFPI, pelas trocas de ideias, ajuda mútua e momentos de descontração, principalmente, o nosso futebol depois das aulas. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar grandes obstáculos.

À equipe da escola Padre Rufino por permitir a aplicação deste trabalho, à diretora Rosilene, ao amigo e professor Washington Gomes pelo apoio na aplicação do produto educacional e aos alunos, pela participação decisiva no estudo;

"A paz é a única forma de nos sentirmos realmente humanos."

(Albert Einstein)

## RESUMO

O Ensino no Brasil enfrenta muitos desafios, sendo que na escola pública estas questões ganham contornos de drama, pelos graves problemas do nosso sistema educacional. Com o Ensino de Física, tem um agravante inerente á disciplina, que é a dificuldade de assimilação dos conceitos físicos e da representação em linguagem matemática. Nesse contexto, a robótica educacional apresenta-se como ferramenta de ensino e aprendizagem para amenizar esse problema, pois possui forte impacto motivacional. Nesse sentido, este estudo tem como tema a robótica educacional aplicada ao Ensino de Física e foi desenvolvido com base na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que é baseada na organização e integração de uma nova informação na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, busca-se apoiado por aparato de pesquisa responder a pergunta norteadora deste estudo: De que forma a utilização da robótica educacional com Arduíno contribuirá para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio? Para estruturar nosso estudo, levando em conta nossa problemática e o embasamento teórico adotado, traçamos nosso objetivo geral: analisar as contribuições da aplicabilidade da robótica educacional com Arduíno para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio. Para execução da Sequência Didática, além das atividades remotas assíncronas, realizamos 16 (dezesesseis) encontros presenciais, que iniciamos com a aplicação do pré-teste, em seguida a reprodução de projetos básicos de robótica, a montagem e aprimoramento do robô de sumô, aplicação do pós-teste e por último a competição entre os robôs de sumô. Isto posto, consideramos como caracterização da pesquisa uma abordagem qualitativa, descritiva e método indutivo. Como participantes do estudo foram escolhidos alunos da 1ª série do Ensino Médio do Centro de Ensino Padre Delfino, em Timon-MA. Nesta pesquisa utilizamos como instrumentos de produção de dados: pré-teste, pós-teste e o diário de campo, onde foram registrados os dados obtidos através da técnica de observação participante. Como procedimentos de análise de dados utilizamos o método Análise Textual Discursiva, que se ajusta preferencialmente com a pesquisa qualitativa. A análise dos dados apontou dificuldades dos participantes para evoluírem dos conceitos intuitivos para os conceitos newtonianos. Porém, entendemos que a Sequência Didática, utilizando robôs de sumô, logrou êxito pois produziu um forte impacto motivacional na maioria dos participantes do estudo.

**Palavras-chave:** Leis de Newton. Ensino de Física. Robótica com Arduíno. Aprendizagem Significativa. Sequência Didática.

## ABSTRACT

Teaching in Brazil faces many challenges, and in public schools these issues take on the contours of drama, due to the serious problems of our educational system. With Physics Teaching, there is an aggravating factor inherent to the discipline, which is the difficulty of assimilating physical concepts and representation in mathematical language. In this context, educational robotics presents itself as a teaching and learning tool to soften this problem, as it has a strong motivational impact. In this sense, this study has as its theme the educational robotics applied to physics teaching and was developed based on Ausubel's theory of Meaningful Learning, which is based on the organization and integration of new information in the cognitive structure of the learner. Thus, supported by a research apparatus, it was sought to answer the guiding question of this study: How will the use of educational robotics with Arduino contribute to motivation and significant learning of Newton's Laws in the 1st grade of high school? To structure our study, taking into account our problem and the theoretical basis adopted, it was outlined our general objective: to analyze the contributions of the applicability of educational robotics with Arduino for motivation and meaningful learning of Newton's Laws in the 1st grade of High School. For the execution of the Didactic Sequence, in addition to the asynchronous remote activities, it was held 16 (sixteen) face-to-face meetings, which started with the application of the pre-test, then the reproduction of basic robotics projects, the assembly and improvement of the sumo robot, the post-test and finally the competition between the sumo robots. That said, it was considered a qualitative, descriptive and inductive method for the characterization of the research. As study participants, students from the 1st grade of high school at Centro de Ensino Padre Delfino, in Timon-MA, were chosen. In this research, it was used as data production instruments: pre-test, post-test and the field diary, where the data obtained through the technique of participant observation were recorded. As data analysis procedures, it was used the Discursive Textual Analysis method, which is preferentially adjusted to qualitative research. Data analysis pointed out participants' difficulties to evolve from intuitive concepts to Newtonian concepts. However, it was understood that the Didactic Sequence, using sumo robots, was successful because it produced a strong motivational impact on most study participants.

**Keywords:** Newton's Laws. Physics Teaching. Robotics with Arduino. Meaningful Learning. Didactic Sequence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – David Paul Ausubel (1918 - 2008). . . . .	18
Figura 2 – Aristóteles (384 - 322 a.C). . . . .	26
Figura 3 – Galilei Galileu (1564 - 1642). . . . .	27
Figura 4 – Johannes Kepler (1571-1630). . . . .	27
Figura 5 – Soma geométrica de vetores. . . . .	34
Figura 6 – Sir Isaac Newton (1643 - 1727). . . . .	35
Figura 7 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente. . . . .	35
Figura 8 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva . . . . .	36
Figura 9 – Bola rola na grama após receber um chute. . . . .	37
Figura 10 – A força da mão empurra três quantidades de tijolos diferentes. . . . .	38
Figura 11 – Representação de forças de ação e reação. . . . .	40
Figura 12 – Força gravitacional entre dois corpos. . . . .	41
Figura 13 – Homem utilizando uma balança de banheiro. . . . .	43
Figura 14 – Um bloco sobre a mesa e ambos em repouso em relação ao solo. . . . .	43
Figura 15 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies . . . . .	44
Figura 16 – Irregularidades das superfícies em situações de movimento (a) e repouso (b). . . . .	45
Figura 17 – O airbag reduz a taxa de variação do momento linear. . . . .	47
Figura 18 – Colisão frontal de duas esferas. . . . .	48
Figura 19 – Esquema simplificado do processo de análise da ATD. . . . .	64
Figura 20 – Montagem do alarme de presença. . . . .	115
Figura 21 – Testando o alarme de presença. . . . .	116
Figura 22 – Montagem do robô de sumô. . . . .	117
Figura 23 – Instalação do sensor ultrassônico do robô de sumô. . . . .	119
Figura 24 – Testando os robôs de sumô no dojô. . . . .	126



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL: RE-FLEXÕES TEÓRICAS NO ENSINO DAS LEIS DE NEWTON</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceito de Aprendizagem significativas</b>	<b>18</b>
2.1.1	Estrutura Cognitiva	19
2.1.2	Características de Não-Arbitrariedade e Substantividade	20
2.1.3	Aprendizagem Mecânica	20
<b>2.2</b>	<b>Condições Necessárias à Aprendizagem Significativa</b>	<b>21</b>
2.2.1	Conhecimentos Prévios e Subsunoçores	21
2.2.2	Organizadores Prévios	21
2.2.3	Material Potencialmente Significativo	22
<b>2.3</b>	<b>Tipos de Aprendizagem Significativa</b>	<b>22</b>
2.3.1	Aprendizagem Representacional	23
2.3.2	Aprendizagem de Conceitos	23
2.3.3	Aprendizagem Proposicional	23
<b>2.4</b>	<b>Princípios da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>AS LEIS DE NEWTON</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>O Caminho Histórico dos Conceitos Relacionados ao Movimento dos corpos</b>	<b>25</b>
3.1.1	Movimento	25
3.1.2	Inércia	29
3.1.3	Aceleração	30
<b>3.2</b>	<b>Conceito de Força</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Primeira Lei de Newton</b>	<b>34</b>
<b>3.4</b>	<b>Segunda Lei de Newton</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>Terceira Lei de Newton</b>	<b>39</b>
<b>3.6</b>	<b>Forças Especiais: gravitacional, normal e de atrito</b>	<b>40</b>
3.6.1	Força gravitacional	41
3.6.1.1	<i>Peso</i>	42
3.6.2	Força normal	43

3.6.3	Força de atrito . . . . .	44
<b>3.7</b>	<b>Momento Linear e Impulso . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>ROBÓTICA COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM</b>	
	<b>DAS LEIS DE NEWTON . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Origem da robótica . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton . . . . .</b>	<b>52</b>
4.2.1	Robô de Sumô . . . . .	52
4.2.2	Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton . . . . .	52
<b>4.3</b>	<b>Estrutura e Funcionalidades do Arduino . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>56</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização da Pesquisa . . . . .</b>	<b>56</b>
<b>5.2</b>	<b>Campo Empírico da Pesquisa . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>5.3</b>	<b>Participantes da Pesquisa . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>5.4</b>	<b>Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>5.5</b>	<b>Procedimentos de Análise de Dados . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>5.6</b>	<b>Produto Educacional . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS . . . . .</b>	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>Conhecimentos Prévios dos Participantes Relacionados às Leis de Newton</b>	<b>67</b>
6.1.1	Análise das Respostas dos Participantes ao Pré-teste . . . . .	67
6.1.2	Análise das Respostas dos Participantes ao Pré-teste Agrupadas a Partir dos Temas Relacionados às Leis de Newton . . . . .	84
<b>6.2</b>	<b>Conhecimentos dos Participantes Relacionados às Leis de Newton Posteriores à Aplicação da Sequência Didática. . . . .</b>	<b>89</b>
6.2.1	Análise das Respostas dos Participantes ao Pós-teste . . . . .	90
6.2.2	Análise das Respostas dos Participantes ao Pós-teste Agrupadas a Partir de Temas Relacionados às Leis de Newton . . . . .	102
<b>6.3</b>	<b>Análise da Aplicação da Sequência Didática a partir das Observações Registradas no Diário de Campo . . . . .</b>	<b>108</b>
6.3.1	Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste. . . . .	108
6.3.2	Segundo Encontro: Questionário sobre informações dos participantes da pesquisa; apresentação e aplicação do simulador Tinkercad e da placa Arduino.	109

6.3.3	Terceiro Encontro: Texto sobre a Primeira Lei de Newton; Formação das equipes; Organizador prévio. . . . .	111
6.3.4	Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos. . . . .	112
6.3.5	Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença (1ª Parte). . . . .	114
6.3.6	Sexto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença (2ª Parte). . . . .	115
6.3.7	Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte). . . . .	116
6.3.8	Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte) . . . . .	118
6.3.9	Nono Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte) . . . . .	118
6.3.10	Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte). . . . .	119
6.3.11	Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte) . . .	120
6.3.12	Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte) . . .	122
6.3.13	Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte). . .	124
6.3.14	Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte). . . .	126
6.3.15	Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste. . . . .	127
6.3.16	Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô. . . . .	128
<b>6.4</b>	<b>Predisposição dos Participantes para Aprender de Forma Significativa e o Envolvimento deles nas Atividades . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>134</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>138</b>
	<b>APÊNDICES . . . . .</b>	<b>143</b>
	<b>APÊNDICE A–PRODUTO EDUCACIONAL . . . . .</b>	<b>143</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino no Brasil enfrenta muitos desafios, sendo que na escola pública estas questões ganham contornos de drama, pelos graves problemas do nosso sistema educacional. Com o Ensino de Física, tem um agravante inerente à disciplina, que é a dificuldade de assimilação dos conceitos físicos e da representação em linguagem matemática.

A esse respeito, os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio – PCN-EM, alertam que o Ensino de Física no Brasil, de modo geral, é realizado de tal maneira que não privilegia o aprendizado significativo, sendo apresentado através de teorias distanciadas da realidade dos alunos (BRASIL, 2000).

Além disso, tomando com base a nossa experiência enquanto professor de Física do Ensino Médio, em linhas gerais, podemos observar que essa perspectiva de ensino, predominantemente conteudista, apresenta a teoria física através das expressões matemáticas, as quais podem se tornar abstrações e, assim, deixar a realidade dos fenômenos ainda mais distante. Ademais, ao ingressar no Ensino Médio ele se depara com a cinemática e a dinâmica, onde estudamos as Leis de Newton, que utilizam bastante a linguagem matemática para descrever o movimento dos corpos. Entendemos, portanto, que estes fatores, dentre outros, podem contribuir para o fracasso do ensino e aprendizagem da física no Brasil. Diante disso, a falta de motivação produzida por estes fatores e suas consequências são queixas recorrentes entre os sujeitos que compõem a comunidade escolar.

Feitos os comentários, utilizar recursos didáticos que motivem e despertem o interesse é uma opção para tornar as aulas mais interativas, desafiadoras e com significados. Pensando nessa situação, entendemos que utilizar a robótica com Arduíno para o estudo das Leis de Newton, se apresenta com possibilidades de cumprir esses requisitos por exigir grande interatividade e ser muito desafiador. De acordo com Campos, “[...] esse recurso permite à escola criar um ambiente diferenciado, em que, por meio da criação e programação do dispositivo robótico, o aluno possa aprender conceitos de outras disciplinas” (CAMPOS, 2019, p. 22).

Sobre essa temática, Banzi e Shiloh afirmam que, “o projeto Arduino foi desenvolvido em um ambiente educacional e é uma ferramenta educativa muito popular” (BANZI; SHILOH, 2015, p. 22). Na verdade, a plataforma Arduino apresenta grande potencial como ferramenta de ensino, tendo em vista o custo acessível, a sua versatilidade na construção de protótipos, a busca de soluções que estimula a curiosidade e o caráter investigativo dos alunos. Além de manipular a placa, o aluno entrará em contato com a lógica de programação. Este recurso possibilita o

trabalho em equipe, a troca de informações e de experiências.

Diante deste cenário, é oportuno verificar as possibilidades que a legislação educacional oferece. Recentes mudanças na legislação do sistema educacional do Brasil, são importantes para a nossa pesquisa. Por isso, trataremos delas a seguir.

Assim, começamos com uma lei sancionada em 2014, o Plano Nacional de Educação (PNE) que traz como um dos seus objetivos a renovação do Ensino Médio. Posteriormente, em 2017, a Lei da Reforma do Ensino Médio, Lei nº 13.415/2017, traz as mudanças previstas no PNE. Esta lei promoveu alterações na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), dentre elas podemos citar: ampliação da carga horária, nova organização curricular (BRASIL, 2017).

Esta Lei no seu Artigo 1º, traz a alteração do Artigo 24 da LDB, determinando que a carga horária do Ensino Médio seja ampliada progressivamente até 1400 horas por ano. E que a partir de 2 de Março de 2017, os Sistemas de Ensino teriam o prazo de cinco anos para aumentar a carga horária, no mínimo, para 1000 horas por ano (BRASIL, 2017).

Para orientar a implementação dessas mudanças foram elaborados e publicados alguns documentos, são eles: Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCN – EM ), a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio (BNCC – EM ), Referenciais Curriculares para Elaboração de Itinerários Formativos e o Guia de Implementação do Novo Ensino Médio.

Agora, além da formação geral básica, existe a possibilidade do aluno escolher dentre alguns itinerários formativos, aquele que mais se aproxime dos interesses dele ( BRASIL, 2017). Essa flexibilidade no currículo deve tornar o Ensino Médio mais atrativo para o aluno, porque ao escolher um itinerário mais relacionado com sua área de interesse, ele tem a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos de forma significativa.

Diante do exposto, propomos que a sequência didática (produto educacional), desenvolvido nesta pesquisa, seja aplicado em um itinerário geral de uma área, que é um das formas de implementar um Itinerário Formativo, através da oferta de uma unidade curricular, pois a robótica possui características que cumprem os requisitos desse elemento. Esta escolha se justifica pela demanda de atividades que as escolas vão ter para compor o itinerário formativo e pela reduzida carga horária destinada para a disciplina Física na Formação Geral Básica, que torna inviável a aplicação deste produto no horário das aulas.

Neste momento, é oportuno delinear nosso estudo a partir da apresentação dos elementos imprescindíveis da pesquisa. O tema abordado é: Robótica educacional aplicada ao ensino

de física. O objeto de estudo: As contribuições da robótica educacional para o ensino e aprendizagem das Leis de Newton. E em nosso trabalho atacamos a seguinte problemática: De que forma a utilização da robótica educacional com Arduino contribuirá para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio? Diante disso, uma sequência didática, nosso produto educacional, foi elaborada com o intuito de organizar as atividades que foram desenvolvidas em nosso estudo.

Durante o desenvolvimento das atividades analisamos o estímulo que a robótica proporciona, utilizando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel como fundamentação teórica para verificar o processo de assimilação dos conceitos relacionados às Leis de Newton.

Ademais, o objetivo geral dessa pesquisa é: Analisar as contribuições da aplicabilidade da robótica educacional com Arduino para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio. Não há dúvidas que uma ferramenta pedagógica como a robótica educacional será exitosa, obviamente, quando efetivada de forma bem planejada e contando com a estrutura necessária. Dessa forma, o nosso objetivo é verificar através, predominantemente, de dados qualitativos coletados durante a pesquisa, como essa ferramenta contribuirá para aprendizagem significativa das Leis de Newton e, também, como ela estimula os alunos a desenvolverem motivação para participarem de forma efetiva das atividades.

Além do objetivo geral, temos também os objetivos específicos que ao serem atingidos contribuem para alcançarmos o objetivo geral. O primeiro objetivo específico é: Fazer levantamento dos conhecimentos prévios e dos conceitos intuitivos dos participantes sobre as Leis de Newton. Faremos esse levantamento dos participantes para garantirmos um grupo participante mais heterogêneo possível, de modo a contemplar uma amostra representativa do público atendido na escola. A coleta dos conhecimentos prévios dos alunos sobre As Leis de Newton e temas relacionados à robótica é indispensável, pois a nossa pesquisa é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Ademais, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, considera que os conhecimentos prévios como o fator isolado mais importante para aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999).

Para que os alunos se familiarize com as ferramentas que são utilizadas na sequência didática, fez-se a construção de projetos básicos usando simulador Tinkercad, montar os circuitos reais e executá-los através da plataforma Arduino. Este é o segundo objetivo específico. Os circuitos montados foram bem simples, por exemplo, uma LED acionada por um botão. Para atingir este objetivos os alunos manipularam dispositivos eletrônicos reais, enquanto acompanhavam a

simulação no Tinkercad e o teste dos projetos na plataforma Arduino.

O terceiro objetivo específico é: Aprimorar robôs de sumô a partir de um modelo básico e organizar equipes para disputa de batalhas. Os robôs foram aprimorados, buscando peças e componentes eletrônicos no mercado local, para otimizar a performance dos mesmos. As batalhas foram realizadas entre os robôs aprimorados pelos alunos que participaram deste estudo.

Elaborar e aplicar uma sequência didática enfocando as Leis de Newton a partir de um projeto de aprimoramento de um robô de sumô, é o quarto objetivo específico deste estudo. Esta sequência didática, nosso produto educacional, contempla desde o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos até a batalha entre os robôs que finaliza a aplicação do produto.

E por fim, o último objetivo específico: Verificar de que forma o aprimoramento e a manipulação de robôs de sumô contribuem para a motivação dos alunos e para o processo ensino aprendizagem das Leis de Newton. O desafio de modificar um robô pode ser muito motivador, pois é uma oportunidade para o estudante exercer seu protagonismo e aplicar na prática conhecimentos de eletrônica, programação, Física, Matemática, Arduino, dentre outros.

Com o propósito de sistematizar o conteúdo, este trabalho está estruturado com seis seções, contando com esta introdução. Dentre Outros elementos que completam este trabalho temos o produto educacional, que é uma sequência didática, incluído como apêndice. Nos próximos parágrafos são apresentadas as seções com um breve comentário a respeito de cada uma.

Na segunda seção apresentamos a teoria da aprendizagem que fundamenta este estudo que é a Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel. E, também, apresentamos os conceitos de física que são necessários para descrição do funcionamento mecânico de um robô, que em nosso trabalho são abarcados pelas Leis de Newton. Esta escolha é justificada, também, porque o público-alvo da nossa pesquisa são alunos do 1º ano do Ensino Médio e tradicionalmente é no primeiro semestre desta série que estes conceitos são abordados.

A robótica educacional será abordada na terceira seção. Inicialmente tratamos da origem da robótica, que teve seu início a muito mais tempo do que a maioria de nós imagina. Em seguida, tratamos da própria robótica educacional, que deu seus primeiros passos no início da década de 1960. Ela passou a ser utilizada como ferramenta pedagógica porque poderia despertar o interesse dos alunos e incentivá-los a buscar respostas para os problemas através dos conceitos científicos. Em nosso estudo, utilizamos o robô de sumô, que é um robô utilizado em competições, para desenvolvermos o estudo sobre as Leis de Newton. E, finalmente, abordamos a plataforma

Arduíno que é um microcontrolador que comandará o robô de sumô utilizando a linguagem de programação C++ como referência. Vale notabilizar que usamos o método de programação em blocos, que é mais intuitivo e pode auxiliar aqueles que são pouco familiarizados com a linguagem de programação em texto.

A quarta seção tratamos da metodologia que apresenta: A abordagem qualitativa, descritiva e método indutivo como caracterização da pesquisa; O C. E. Pe. Delfino, em Timon-MA como campo empírico da pesquisa; Alunos da 1ª série do Ensino Médio como participantes da pesquisa; Testes, observação participante e diário de campo como técnicas e instrumentos de produção de dados; O método análise textual discursiva como procedimentos de análise de dados; E uma sequência didática como produto educacional.

A quinta seção traz a Análise e discussão dos resultados, que apresenta a análise dos dados produzidos e os resultados obtidos. A sexta seção expõe as Considerações finais, que contem uma síntese do nosso estudo.



## 2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL: REFLEXÕES TEÓRICAS NO ENSINO DAS LEIS DE NEWTON

Este capítulo apresenta uma visão geral da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS). Trazendo a sua concepção, processos de aprendizagens e características dessa teoria de aprendizagem. Além disso, definições dos termos que são utilizados nesta teoria, os tipos de aprendizagens e as importantes contribuições para o processo de ensino e aprendizagem.

### 2.1 Conceito de Aprendizagem significativas

Apesar de está mais ligada ao nome de David Ausubel (1918 - 2008), Figura<sup>1</sup> 1, o conceito de aprendizagem significativa aparece em muitas outras teorias. Mas foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel que fez esta expressão ficar mais conhecida.

Figura 1 – David Paul Ausubel (1918 - 2008).



Fonte: Dwityatya's Blog (2022).

A aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação, encontra na estrutura cognitiva do indivíduo, outra informação que combinem de forma relevante (MOREIRA, 1999). Assim, para que possa ocorrer uma aprendizagem significativa é necessário a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva do aprendiz, que juntos com uma nova informação gere um significado.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é cognitivista, porque procura explicar o processo de aprendizagem a partir da organização, da transformação e do armazenamento

<sup>1</sup> Dwityatya's Blog disponível em: <https://dwityatya.wordpress.com/2011/10/18/david-paul-ausubels-theory/>. Acesso em: 20 fev 2022.

das informações na mente do aprendiz. No trabalho de Moreira (1999, p.152) ele afirma que para Ausubel a "aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva". E que, também, nas palavras de Moreira (1999, p.152), Ausubel "se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam."

Na aprendizagem significativa de Ausubel o papel do aprendiz é fundamental, porque é partir da predisposição de aprender e dos seus conhecimentos prévios que as novas informações são organizadas e armazenadas, produzindo um novo conhecimento. Portanto, podemos constatar que estas são características de uma teoria construtivista. Sobre este tema, Valadares (2011, p. 40), afirma:

Ora a TAS é claramente construtivista, pois nela se defende que o sujeito é o elemento estruturante do seu próprio conhecimento e que o processo de aprendizagem significativa é um processo construtivo e reconstrutivo em que pelo menos a mente do sujeito tem de estar ativa de modo a desenvolver o processo por vezes penoso de associar bem o novo conhecimento a ideias subsunçoras da sua estrutura cognitiva

Diante do exposto, cabe a partir de agora oferecer mais detalhes dessa teoria da aprendizagem. Assim, abordaremos a organização da estrutura cognitiva, as características de não-arbitrariedade e subjetividade, dentre outras informações necessárias para compreender os processos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

### 2.1.1 Estrutura Cognitiva

Os conceitos, ideias, informações estão organizados em uma certa parte do nosso conhecimento, chamada de estrutura cognitiva. Esta estrutura se modifica a medida que novas informações interagem com as informações que já pertencem a estrutura (MOREIRA, 1999). A estrutura cognitiva é formada ao longo da vida do aprendiz. Dessa maneira, ela é formada por conhecimentos adquiridos de maneira formal nas instituições de ensino, mas também por aqueles produzidos através da convivência, da prática, como é o caso dos conhecimentos empíricos.

O conhecimento que forma a estrutura cognitiva é organizado de forma hierárquica de tal modo que os conhecimentos mais gerais, altamente inclusivos ficam no topo, enquanto os conhecimentos mais específicos, menos inclusivos ficam na base desta hierarquia (AUSUBEL, 2003).

### 2.1.2 Características de Não-Arbitrariedade e Substantividade

Na estrutura cognitiva do aprendiz existem ideias (conceitos, informações) nas quais novas ideias serão ancoradas, ou seja, elas irão se articular de forma não-arbitrária e substantiva. Não-arbitrária significa que as ideias vão interagir (tanto as ideias já existentes na estrutura cognitiva quanto as novas que chegam sofrem modificações) com as ideias ancoradas de forma lógica, explícita, clara e de forma substantiva quer dizer que o aprendiz será capaz de expressar estas novas ideias com suas próprias palavras (AUSUBEL, 2003).

### 2.1.3 Aprendizagem Mecânica

A limitação da aprendizagem mecânica (aprendizagem por memorização) está relacionada a limitação da nossa estrutura cognitiva, pois ela não consegue absorver e reter aprendizagens complexas quando a interação ocorre de forma arbitrária e literal, ou seja, a nova informação não se ligou a um subsunçor na estrutura cognitiva. Nesse caso, mesmo que esta aprendizagem tenha sido absorvida pelo aprendiz, ela pode se perder com muita facilidade. Sobre este tema, Ausubel (2003, p. 4), afirma:

É óbvio que esta capacidade, arbitrária e literal, de relacionar tarefas de aprendizagem por memorização com a estrutura cognitiva possui determinadas consequências significativas para a aprendizagem. Em primeiro lugar, uma vez que o equipamento cognitivo humano, ao contrário do de um computador, não consegue lidar de modo eficaz com as informações relacionadas consigo numa base arbitrária e literal, apenas se conseguem interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas apenas conseguem ficar retidas por curtos períodos de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas.

Como a aprendizagem por memorização não é ancorada de forma não-arbitrária e não literal, ou seja, não se ancorou a nenhum elemento da estrutura cognitiva do aprendiz de maneira a produzir uma aprendizagem significativa, ele pode trocar ou misturar os conceitos semelhantes. Conforme assegura Ausubel:

[...] a capacidade de relação arbitrária e literal para com a estrutura cognitiva torna as tarefas de aprendizagem por memorização altamente vulneráveis à interferência de materiais semelhantes, anteriormente apreendidos e descobertos de forma simultânea ou retroactiva (AUSUBEL, 2003, p. 4).

Isso acontece, por exemplo, quando o aluno estuda os conceitos de força e inércia através da memorização com o objetivo de realizar uma prova, frequentemente estes conceitos são confundidos ou esquecidos. Ele não percebe que inércia é uma propriedade do corpo que está relacionado com a massa, e que a força é uma grandeza física que depende da interação entre os corpos. Portanto, a orientação recebida pelo aluno não foi adequada, de tal maneira que

o aluno, de forma equivocada, tem a concepção de que um corpo só permanece em movimento se tiver uma força atuando sobre ele. Ou seja, não entende que o corpo pode permanecer em movimento por ação da inércia.

## **2.2 Condições Necessárias à Aprendizagem Significativa**

Para que ocorra uma aprendizagem significativa algumas condições tem que ser cumpridas. Por exemplo, a nova informação a ser incorporada tem que ser relacionável com as informações presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, de maneira não-arbitrária e substantiva (MOREIRA, 1999).

### **2.2.1 Conhecimentos Prévios e Subsunoçores**

Uma aprendizagem significativa ocorre quando um material potencialmente significativo se liga a informações que já fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz. Mas essa ligação só ocorre com informações compatíveis, ou seja, ela não pode acontecer de forma arbitrária, ela deve ser ancorada por informações relevantes. Para clarificar, isso seria semelhante a montagem de um quebra-cabeças, a peça não pode ser colocada de forma arbitrária, existe um lugar específico onde ela se encaixa perfeitamente. Esses conhecimentos, da estrutura cognitiva do aprendiz, que podem ancorar o material potencialmente significativo de forma não-arbitrária são denominados subsunoçores. No entender de Moreira (2011, p. 26)

[...] o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes, os quais Ausubel chama subsunoçores.

Portanto, subsunoçores são conhecimentos (conceitos, proposições ou ideias) que compõem a estrutura cognitiva do aprendiz e podem se relacionar com um material potencialmente significativo a ser aprendido pelo aprendiz de forma não arbitrária.

### **2.2.2 Organizadores Prévios**

Os organizadores prévios são materiais estrategicamente preparados, para serem apresentados ao aprendiz antes do material a ser aprendido. Com outras palavra, quando a estrutura

do aprendiz não possui subsunçores para ancorar uma nova informação, apresenta-se pra ele os organizadores prévios que vão servir de âncora para a nova informação (MOREIRA, 1999).

Esta é uma estratégia proposta por Ausubel para manipular a estrutura cognitiva, utilizando materiais que vão desempenhar o papel de ponte cognitiva entre o que o aprendiz sabe e o que ele deveria saber pra desenvolver uma aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINE, 1982).

Os organizadores prévios podem ser: expositório ou comparativo. O expositório é recomendado quando o aprendiz não tem familiaridade com o tema a ser aprendido. Caso o aprendiz tenha uma certa familiaridade com o material a ser aprendido, usa-se um organizador prévio comparativo (MOREIRA; MASINE, 1982).

### 2.2.3 Material Potencialmente Significativo

Para um material ser considerado potencialmente significativo, dois critérios devem ser obedecidos por ele. Primeiro, capacidade de se relacionar de forma não-arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo, ele deve ter condições de se relacionar com a estrutura cognitiva de um aprendiz em particular. Ou seja, este critério depende tanto do material quanto do aprendiz (AUSUBEL, 2003).

Dessa forma, quando o aprendiz não possui disposição para aprender de forma significativa, não importa as outras condições, a aprendizagem significativa não vai acontecer. Nas palavras de Moreira (1999, p. 156),

[...]independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos)

Nesse caso, a recíproca é verdadeira, não importa o quão grande seja a predisposição do aprendiz, se o material não for potencialmente significativo, não ocorrerá uma aprendizagem significativa.

## 2.3 Tipos de Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel (2003) existem três tipos de aprendizagens significativas: a representacional, a conceitual e a proposicional. A primeira trata da atribuição de significados a símbolos;

a segunda representam regularidades em eventos ou objetos; a terceira significados de ideias em forma de proposições.

### 2.3.1 Aprendizagem Representacional

O ser humano atribui nome a tudo que existe, objetos, animais, pessoas, fenômenos, etc... Quando aprendemos um nome novo, esta aprendizagem é representacional, o nome é o símbolo que representa este ser. Esta aprendizagem é significativa, pois desde cedo, entendemos a importância dos nomes para a nossa comunicação. Nas palavras de Moreira (1999, p. 157):

A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar, para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam.

### 2.3.2 Aprendizagem de Conceitos

A retenção de conceitos na estrutura cognitiva é fundamental para compreender e solucionar problemas. Aprendizagem de conceitos, ocorre através da formação conceitual, em que crianças jovens aprendem através tentativas e erros, ou seja, através das experiências. Ou através da assimilação conceitual, que acontece com crianças que conseguem dialogar com facilidade ou com adultos. De acordo com Ausubel (2003, p. 2):

Na formação conceptual, os atributos específicos do conceito adquirem-se através de experiências directas, i.e., através de fases sucessivas de formulação de hipóteses, testes e generalização. Contudo, à medida que o vocabulário de uma criança aumenta, adquirem-se novos conceitos sobretudo através do processo de assimilação conceptual, visto que os atributos específicos dos novos conceitos se podem definir com a utilização em novas combinações de referentes existentes, disponíveis na estrutura cognitiva da criança.

### 2.3.3 Aprendizagem Proposicional

A aprendizagem proposicional é mais complexa do que a representacional e a conceitual. Ela vai além da compreensão dos significados das nomes de seres e dos conceitos. Neste tipo de aprendizagem a tarefa é buscar compreender as ideias que as palavras e os conceitos possuem. Conhecer o nome de um símbolo é apenas o primeiro passo para conhecer mais profundamente as ideias que ele carrega e transmite. Em relação a aprendizagem conceitual, imagine o conceito da Terceira Lei de Newton, quantas ideias estão contidos nele. A este respeito, Moreira (1999, p. 157) afirma:

Na aprendizagem proposicional, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas sim, aprender o significado de ideias em forma de proposição. De um modo geral, as palavras combinadas em uma sentença para constituir uma proposição representam conceitos. A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito), e, sim, o significado das ideias expressas verbalmente por meio desses conceitos sob forma de uma proposição, ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

## **2.4 Princípios da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora**

Na visão de David Ausubel, para que se estabeleça uma aprendizagem significativa é necessário que os materiais de instrução sejam organizados considerando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Nas palavras de Ausubel (2003, p.6), "o primeiro princípio reconhece que a maioria da aprendizagem e toda a retenção e a organização das matérias é hierárquica por natureza, procedendo de cima para baixo em termos de abstracção, generalidade e inclusão".

Ademais, o princípio da reconciliação integradora foca na forma como as informações a serem apresentadas ao aprendiz se relacionam e como ele fará a relação dessas informações na estrutura cognitiva dele. Sobre o tema Moreira e Masine (1982, p.22) afirmam: "É o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais e aparentes".

Neste seção, apresentamos os conceitos básicos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que foi utilizada como fundamentação teórica para abordar as Leis de Newton. Sendo estas, um tema fundamental para compreensão dos fenômenos da natureza relacionados com o movimento, tema este que abordaremos na próxima seção.

### 3 AS LEIS DE NEWTON

Nesta seção, abordaremos as Leis de Newton e temas diretamente relacionados a elas, tais como: força gravitacional, força normal, atrito, momento linear e impulso. Inicialmente, faremos uma abordagem do caminho histórico dos conceitos relacionados ao movimento, por exemplo, inércia, força, aceleração e outros.

#### 3.1 O Caminho Histórico dos Conceitos Relacionados ao Movimento dos corpos

O processo de construção do conhecimento científico é demorado, árduo e deve ser submetido ao crivo da comunidade científica para ser confirmado. É influenciado por fatores sociais, políticos, religiosos, econômicos, dentre outros. Recebe a contribuição de muitos estudiosos, com erros, acertos e reformulações. Dessa forma, o estudo do movimento dos corpos, tema que abordamos nesta subseção, teve uma evolução conceitual que percorreu um longo caminho desde a Grécia antiga, onde o filósofo Aristóteles foi o responsável pelas principais contribuições, até a consolidação dos conceitos feita por Isaac Newton.

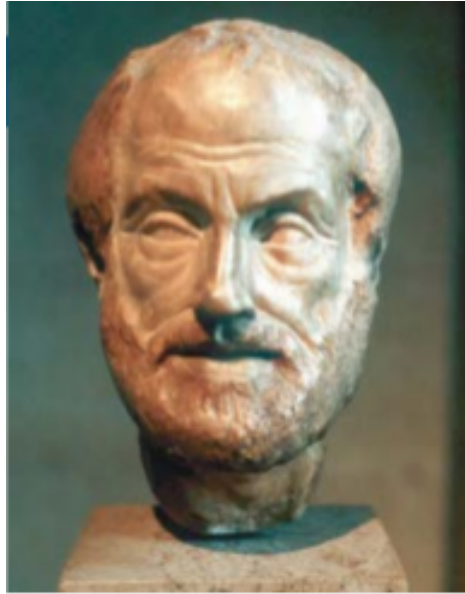
##### 3.1.1 Movimento

Para descrever o movimento, Aristóteles (384 - 322 a.C), supunha a existência de um mundo supralunar (além da Lua) e do mundo sublunar (aquém da Lua) e que as leis que governavam estes dois mundos eram diferentes. No mundo supralunar os corpos celestes efetuavam um movimento natural, uniforme, circular e perpétuo. Já no mundo sublunar, os corpos poderiam desenvolver um **movimento natural** ou um **movimento violento**. Dessa forma, no mundo terrestre (sublunar), cada objeto tem seu lugar próprio e quando retirado de lá, ele tende a retornar espontaneamente. Este movimento de volta ao seu lugar próprio era chamado de movimento natural (ÉVORA, 2005).

Ademais, a composição dos corpos a partir dos quatro elementos terra, água, ar e fogo, determina o movimento natural dos corpos. Assim, os corpos constituídos predominantemente pelo elemento terra teriam a tendência de se movimentar para o chão. Enquanto os Corpos constituídos predominantemente pelo elemento ar teriam a tendência de se movimentar para cima. Dessa forma, Aristóteles afirmava que quanto mais perto o corpo estivesse do seu lugar natural maior seria seu peso. Este acréscimo do peso era o responsável pelo aumento da velocidade do



Figura 2 – Aristóteles (384 - 322 a.C).



Fonte: (HEWITT, 2015).

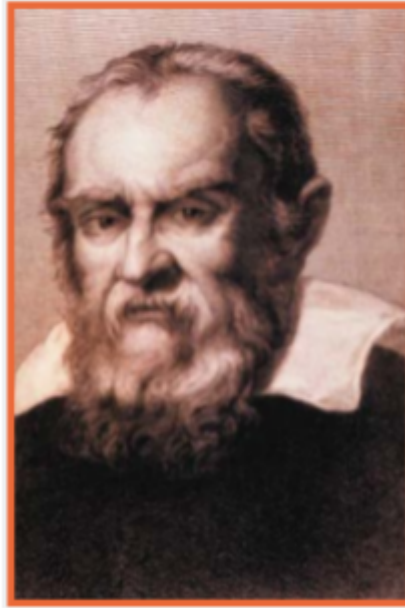
corpo ao cair. De forma semelhante, os corpos constituídos predominantemente de ar e fogo, que tendem a subir, aumentariam sua leveza a medida que se aproximasse do seu lugar natural. Este aumento da leveza seria o responsável pelo aumento da velocidade do corpo ao subir (ÉVORA, 2005).

De outro modo, o movimento violento de um corpo tinha causas externas e acontecia quando ele era puxado ou empurrado por outro corpo. Aristóteles afirmava que pra colocar e manter um corpo em movimento violento era necessário uma força atuando durante todo o processo (HEWITT, 2015).

Assim, uma pessoa carregando um objeto, o arremesso de uma pedra, são exemplos de movimentos violentos. Nestes exemplos, observamos que o movimento dos objetos é causado por outros agentes, o objeto é movimentado pela pessoa, alguém arremessou a pedra. No caso da pedra, após perder o contato com mão da pessoa, o meio seria o responsável pela causa do movimento. Estas e outras ideias de Aristóteles permaneceram sendo consideradas corretas por quase dois mil anos, apesar do próprio Aristóteles não as considerar como ideias finais (HEWITT, 2015).

A construção da ciência é obra de muitas mãos, isso fica evidente nas palavras de Isaac Newton, "Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes". A tarefa de questionar e modificar as ideias aristotélicas coube a outros grandes nomes da ciência, como: Nicolau Copérnico (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630), Galileu Galilei (1564-1642), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1643-1727), dentre outros.

Figura 3 – Galilei Galileu (1564 - 1642).



Fonte: (HEWITT, 2015).

Galileu, inicialmente, utilizava as concepções aristotélicas para descrever o movimento dos corpos. Após trocas de correspondências com Kepler, ele passou a dar maior importância ao sistema de Copérnico que defendia o heliocentrismo em contraposição às ideias aristotélicas que adotavam o geocentrismo (MONTEIRO, 2014).

Figura 4 – Johannes Kepler (1571-1630).



Fonte: (HEWITT, 2015).

Outro fato que pode ter contribuído para a mudança de visão de Galileu foi a observação do céu através de uma luneta, que ele mesmo aperfeiçoou após ficar sabendo das características deste instrumento inventado na Holanda. Ele apontou o instrumento para o céu e fez descobertas que contrariavam as afirmações de Aristóteles. Ele publicou o resultado de suas observações, em 1610, no seu livro, *O Mensageiro das Estrelas* (MONTEIRO, 2014). Esta experiência de

Galileu pode ter motivado o desenvolvimento dos seus estudos sobre o movimento dos corpos nas proximidades da superfície terrestre, que é o nosso maior interesse neste trabalho.

Galileu foi o primeiro a usar a observação e a experimentação de forma sistematizada para refutar as concepções aristotélicas. Há uma narrativa na qual ele abandona objetos de pesos diferentes do alto da torre de Pizza. O objetivo dele era mostrar que corpos abandonados da mesma altura, independente do peso deles, levariam o mesmo tempo para chegar ao solo. Fez isso pra refutar a ideia de Aristóteles de que um corpo mais pesado cairia mais rápido. Não há confirmação que este experimento da torre de Pizza realmente foi feito por Galileu (HEWITT, 2015).

É mais aceito que ele tenha chegado a estas conclusões através dos experimentos com planos inclinados. Ademais, naquela época, haviam limitações para medir o tempo com uma boa precisão, que tornava difícil a medida do tempo de queda livre de um corpo.

Os experimentos e observações feitas por Galileu descritos e discutidos nos seus livros, *Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo*<sup>1</sup> e *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências*<sup>2</sup>, demonstram que um corpo em queda livre (sujeito apenas à força gravitacional) desenvolve um movimento uniformemente variado e que todos os corpos estavam sujeitos a mesma aceleração. Antes os aristotélicos afirmavam que o movimento de queda era acelerado, mas não diziam de que forma ocorria esta aceleração. Antes de Galileu, a trajetória de uma bala de canhão era descrita como uma linha reta e quando o impulso que a mantinha em movimento acabava, ela caía descrevendo uma trajetória vertical. Galileu demonstrou que a trajetória da bala é uma parábola. (NUSSENZVEIG, 2013).

Após a publicação do seu livro, *Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo* no qual ele defendia as ideias de Copérnico, os seus problemas com a Inquisição<sup>3</sup> se intensificaram. Assim, isso culminou com sua prisão domiciliar e ele foi obrigado a se abster de fazer qualquer tipo de referência às ideias copernicanas, ou seja, não mais defender o heliocentrismo (HEWITT, 2015).

Diante disso, o livro *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências* foi publicado na Holanda, país onde a influência da Inquisição era menor (HEWITT,

<sup>1</sup> Obra publicada em 1632, com o título em italiano *Dialogo sopra i Due Massimi Sistemi Del Mondo Tolemaico e Copernicano* e ficou conhecida como *Diálogos*.

<sup>2</sup> Obra publicada em 1638, com o título em italiano *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nueve Scienze* e ficou conhecida como *Discorsi*.

<sup>3</sup> Inquisição - Também chamada de Santo Ofício, essa instituição era formada pelos tribunais da Igreja Católica que perseguiam, julgavam e puniam pessoas acusadas de se desviar de suas normas de conduta. Fonte: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-a-inquisicao/>

2015). Assim, Galileu e outros estudiosos foram desconstruindo as concepções aristotélicas equivocadas sobre o movimento e construindo uma nova ciência.

### 3.1.2 Inércia

A inércia é um conceito que exemplifica muito bem como o conhecimento é construído. Apesar do problema já ter sido abordado desde os tempos de Aristóteles, o conceito começa a tomar forma mais adiante. Podemos começar com João Philoponus (490 – 570 d.C.), que estudou o lançamento de um corpo que continuava em movimento mesmo depois de abandonar a mão do lançador. Para Aristóteles, como já abordamos anteriormente, este era um movimento violento e nesse caso o agente responsável por manter o movimento do corpo era o próprio meio no qual o corpo estava imerso. Philoponus propôs ao estudar as explicações de Aristóteles, que o lançador imprimia uma força no corpo, e esta força impressa (ímpetus) iria se exaurindo e junto com a resistência do meio fariam o corpo chegar ao estado de repouso (POLITO, 2015).

Já o árabe Avicena (980 – 1037 d.C.), acrescentou às ideias de Philoponus o fato de que um corpo em movimento num meio sem resistência permaneceria em movimento retilíneo uniforme sem nenhuma perda da força impressa (ímpetus). Outros que tinham visões semelhantes sobre este tema eram os filósofos naturais Jean Buridan (c.1292 – 1363) e Giovanni Battista Benedetti (1530 – 1590), mas os três consideravam que o movimento retilíneo uniforme só poderia acontecer em um meio sem resistência se tivesse uma causa, neste caso, o ímpetus (POLITO, 2015).

Kepler foi o primeiro a usar o termo inércia no estudo do movimento, mas com um sentido diferente daquele consagrado na Mecânica Clássica. Para Kepler, a inércia era uma resistência apresentada pelos corpos, que consistia em uma oposição ao movimento. Quando o corpo estivesse em repouso ela atuaria para fazê-lo permanecer neste estado. Caso o corpo estivesse se movendo ela atuaria resistindo a este movimento. Na situação em que nenhuma força estivesse atuando, a inércia do corpo faria o movimento cessar. A inércia kepleriana reflete a concepção aristotélica de que os corpos tendem, naturalmente, para o repouso (REZENDE, 2018).

Na concepção de inércia desenvolvida por Galileu, ele considerava que na ausência de causas externas, um corpo em repouso permaneceria em repouso e um corpo em movimento descreveria, indefinidamente, um movimento uniforme. No entanto, ele utilizava o conceito de forças impressas (ímpeto) para justificar a possibilidade do movimento perpétuo de um corpo.

(MEDEIROS, 2017). Outro ponto importante, é que Galileu concebeu uma ideia de inércia circular, pois considerou que a superfície terrestre possibilitava o movimento uniforme perpétuo. Por isso, historiadores apontam que Galileu não conseguiu chegar ao conceito de inércia da forma como Newton a apresentou (MONTEIRO, 2014).

Descartes praticamente chegou ao conceito de inércia, através das suas primeira e segunda leis da natureza. Vale ressaltar, que para fundamentar suas leis, ele utiliza a intervenção divina. Dito de outro modo, a conservação da quantidade de movimento era atribuído a imutabilidade e a simplicidade como Deus mantém a matéria em movimento. Dessa forma, na ausência de interação com outros corpos, um corpo se mantinha em movimento retilíneo porque a quantidade de movimento do corpo se conservava. Ademais, Descartes não percebeu a natureza relativa dos estados de movimento e repouso dos corpos (POLITO, 2015).

A partir das contribuições dos estudiosos que o antecederam e da sua genialidade, Newton estabeleceu o conceito de inércia que ficou consagrado na mecânica clássica, como teremos oportunidade de abordar posteriormente.

### 3.1.3 Aceleração

Os conceitos são construídos a partir da contribuição de vários estudiosos e, geralmente, não é uma tarefa de curto prazo. Apresentaremos a seguir, sem a pretensão de esgotar o tema, alguns personagens que desenvolveram o conceito de aceleração, no caso específico da queda de corpos a partir do repouso. Vale ressaltar, que os conceitos estavam em formação, então, os significados e os termos como aceleração, força, inércia e outros que utilizamos atualmente, ainda não estavam consolidados nessa época.

Aristóteles (384-322 a.C.) considerava que os corpos pesados ao caírem não desenvolviam uma velocidade constante durante toda a queda, porque ao se aproximarem do seu lugar natural, eles eram submetidos a uma aceleração. Portanto, para Aristóteles, os corpos pesados ao cair aumentavam seu peso, porque eles se aproximavam do seu lugar natural. De forma semelhante, os corpos leves aumentavam sua leveza ao subir e se aproximarem do seu lugar natural (ÉVORA, 2005).

Hiparco (130 a. C.) explicava que um objeto mantido em repouso a certa altura do solo por uma força que equilibrava o peso do objeto, cairia aumentando a sua velocidade a partir do momento que essa força deixasse de atuar. Isso acontecia, porque os efeitos da força continuavam atuando no corpo, mas eles iam diminuindo até se extinguir. Enquanto a tendência

natural do objeto se deslocar para baixo atuava durante todo o tempo. Por isso, o corpo era submetido a uma aceleração ao cair (PEDUZZI, 2015).

Já Jean Buridan (1300-1358), explicava que um corpo ao cair a partir do repouso, inicialmente, desenvolvia uma velocidade constante, sob a ação da gravidade e da resistência do ar. Mas depois, um *ímpetus* passa a atuar sobre o corpo e a velocidade passa a aumentar. Este *ímpetus* é adquirido pelo corpo por causa do movimento de queda e cresce com o aumento da velocidade (PEDUZZI, 2015).

As primeiras ideias de Galileu (1564-1642) sobre aceleração, eram semelhantes às de Hiparco. Para ele, um corpo mantido em repouso a certa altura do solo, possuía leveza e peso natural. O agente que equilibra o peso natural e mantém o corpo em repouso, é que atribui leveza ao corpo. Entretanto, a partir do momento que o corpo é abandonado, ele continua possuindo leveza, mas ela vai diminuindo a medida que ele cai, de tal modo que a velocidade começa a aumentar. Quando a leveza se acaba, somente atua no corpo o peso natural e a velocidade passa a ser constante. Ou seja, ao cair, o corpo só permanecerá acelerado enquanto a leveza dele estiver diminuindo (PEDUZZI, 2015).

Galileu procurou em seus estudos descrever a aceleração de um corpo, ou seja, como acontece a variação da velocidade. Considerava que as causas da aceleração era uma questão a ser enfrentada posteriormente. Este posicionamento se justifica porque ele não tinha noções consolidadas dos conceitos de massa inercial, gravidade e força (POLITO, 2015).

A aceleração é uma grandeza física que registra a variação da velocidade (módulo, direção e sentido) em função do tempo. Galileu conseguiu mostrar, através dos experimentos com planos inclinados, que a aceleração dos corpos em queda livre é constante. Como dito antes, Galileu considerava que as causas da aceleração era uma questão a ser enfrentada posteriormente, ou seja, ficou para Isaac Newton resolver este problema.

### **3.2 Conceito de Força**

Força é uma grandeza física que pode provocar variação do movimento. Um empurrão ou um puxão são as formas que normalmente utilizamos para aplicar uma força (HEWITT, 2015).

Segundo Aristóteles, como já mencionamos anteriormente, havia a necessidade da aplicação contínua de uma força para manter um corpo em movimento violento. Constatamos, dessa forma, que a ideia de força começou a ser construída desde a antiguidade grega.

Philoponus, considerava que a velocidade de um corpo era proporcional á diferença entre a força interna e a resistência do meio no qual o corpo se desloca. Tanto Aristóteles quanto Philoponus admitiam que o meio exercia uma força sobre um corpo em movimento nele, mas enquanto Philoponus considerava apenas uma força de resistência, Aristóteles afirmava que o meio podia resistir ao movimento e também impulsionar o corpo (SILVA, 2017).

Philoponus e Buridan defendiam que a força poderia ficar impressa no corpo, após perder o contato com o agente causador do movimento. Ou seja, uma flecha continuaria sendo impulsionada, mesmo depois de abandonar o arco, por uma força que foi impressa na flecha pelo arqueiro. Mas, Buridan considerava que se não existissem resistências ao movimento do corpo, a força impressa se conservava e o corpo poderia ficar em movimento indefinidamente. Já para Philoponus, a força impressa não se conservava, dessa forma sob o efeito somente da força impressa o corpo entraria em repouso (SILVA, 2017).

Diante do exposto, percebemos que a força, até este ponto, ainda tem características da grandeza energia. A força é armazenada no corpo e pode ser conservada num caso ou totalmente consumida no outro.

Antes de abordarmos o conceito de força é importante apresentarmos o conceito de referencial inercial. Quando estudamos o movimento dos corpos é necessário estabelecer um sistema de referência, ou seja, vai precisar de um observador, de uma origem e um conjunto de eixos. Segundo Hewitt (2015, p. 708), "quando nosso sistema de referência tem aceleração nula, ele é chamado de sistema de referência inercial". Num sistema inercial, uma força faz um objeto acelerar de acordo com as leis de Newton. Mas, as Leis de Newton não valem em qualquer referencial é necessário que seja um referencial inercial (TIPLER; MOSCA, 2013). Um referencial inercial pode ser determinado, a partir da Primeira Lei de Newton (conforme veremos na subseção 3.3), da seguinte forma: sendo a resultante das forças que atuam em um corpo igual a zero, qualquer referencial em relação ao qual esse corpo esteja em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, será um referencial inercial (TIPLER; MOSCA, 2013). Portanto, noutras palavras: "Se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um referencial inercial" (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 94).

Porém, alguns corpos, sob certas condições, podem ser considerados referenciais inerciais. Desde que não comprometam os resultados, ou seja, que a diferença entre os resultados obtido e os resultados esperados seja desprezível. Essas colocações encontram fundamentação nas seguintes palavras de Halliday *et al.* (2016, p. 241): "Podemos, por exemplo, supor que o

solo é um referencial inercial, desde que possamos desprezar os movimentos astronômicos da Terra (como a rotação e a translação)”. Nesse caso, se para o fenômeno que está sendo estudado, as acelerações que ocorrem no movimento de rotação e translação da Terra não precisem ser consideradas, porque seus valores são relativamente pequenos, então, o solo pode ser usado como referencial inercial.

Ao estudarmos o movimento dos corpos na Cinemática, não consideramos suas causas, mas ao continuarmos este estudo na Dinâmica, temos que considerá-las. Nesse momento, uma importante grandeza da física, denominada força, deve ser apresentada. Ela surge a partir da interação entre dois ou mais corpos e pode produzir uma variação da velocidade ou uma deformação dos mesmos. Tipler e Mosca definem “força como uma influência externa, ou ação, sobre um corpo, que provoca uma variação de velocidade do corpo, isto é, acelera o corpo em relação a um referencial inercial” (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 94). Vamos apresentar, agora, mais informações sobre a grandeza força, natureza, unidade de medida, tipos etc.

A unidade de medida de força pode ser determinada a partir da aceleração que um corpo de massa 1kg (quilograma-padrão) adquire ao ser empurrado sobre uma superfície sem atrito. Quando a força aplicada ao corpo produzir uma aceleração de  $1\text{m/s}^2$ , esta força terá módulo de 1 newton (1N). Dessa forma, fica definida a unidade de medida de força denominada newton (N), cujo nome homenageia a Sir Isaac Newton (HALLIDAY *et al.*, 2016).

As grandezas físicas podem ser vetoriais ou escalares. As grandezas escalares ficam definidas quando são fornecidos um valor e um sinal positivo ou negativo. Já uma grandeza vetorial, pra ficar definida, necessita de um valor, uma direção e um sentido. A força é uma grandeza vetorial, logo, deve obedecer às regras das operações vetoriais. Ou seja, conforme Halliday *et al.* (2016, p. 97, grifo dos autores), “Isso significa que quando duas ou mais forças atuam sobre um corpo podemos calcular a **força total** ou **força resultante**, somando vetorialmente as forças”. Este fato é conhecido como princípio da superposição, as forças atuam no corpo com se fossem apenas uma, a força resultante  $\vec{F}_{Res}$ . Matematicamente fica assim:

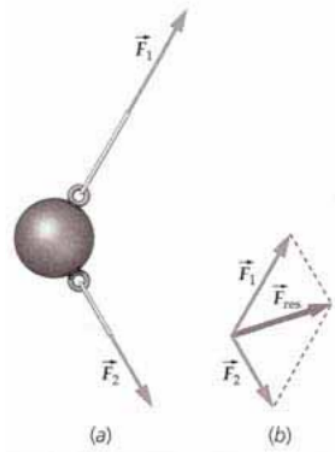
$$\vec{F}_{Res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots \quad (3.1)$$

A equação 3.1 representa a soma vetorial das forças que atuam em um sistema, ou seja, todas as forças que atuam num sistema devem ser somados, isso é indicado na equação pelo sinal de pontuação reticências.

Na Figura 5 constam o elemento (a) que ilustra um corpo onde atuam duas forças e o elemento (b) que ilustra a soma vetorial das forças representadas geometricamente. Nesta



Figura 5 – Soma geométrica de vetores.



Fonte: Tipler e Mosca (2013).

situação atuam apenas duas forças, ou seja, ela é um caso particular da equação 3.1, assim temos:

$$\vec{F}_{Res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2. \quad (3.2)$$

Apresentamos, na Figura 5, um modelo físico bem simples, onde atuam apenas duas forças, mas na realidade as partículas, normalmente, estão sujeitas a um sistema de forças.

### 3.3 Primeira Lei de Newton

A Primeira Lei de Newton ou Lei da Inércia, como o nome da lei deixa evidente, trata da inércia uma propriedade da matéria que já abordamos neste texto, quando expomos a evolução histórica do conceito de inércia. Agora, apresentamos o arremate de Newton que refinou e consolidou o conceito de inércia na mecânica clássica. No seu livro *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, conhecido como *Principia*, Newton enunciou o conceito de inércia, que foi reproduzido por Hewitt (2015, p. 26): "*Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de rapidez uniforme em uma linha reta a menos que uma força resultante não nula seja exercida sobre ele.*"

Dessa forma, Newton deixa claro que um corpo pode desenvolver um movimento retilíneo uniforme sem a necessidade da atuação contínua de uma força. Ou seja, a partir do momento que a força resultante, que atua sobre um corpo em movimento, passa a ser nula, o corpo descreverá um movimento retilíneo uniforme. Ademais, Newton indica que a inércia é a propriedade responsável por este comportamento. (SÁ, 2020).

Figura 6 – Sir Isaac Newton (1643 - 1727).



Fonte: (GASPAR, 2016).

Ao compararmos a primeira lei de Newton com a primeira e a segunda leis da natureza de Descartes, percebemos a influência que estas exerceram sobre aquela que foi sistematizada por Newton. Verifica-se, também, que ele usa a relatividade do repouso e do movimento já mencionados por outros estudiosos (SÁ, 2020). Portanto, estas constatações mostram que os trabalhos de Descartes, Galileu e outros serviram de inspiração á genialidade de Newton.

Na Figura 7, o habilidoso e sorridente garoto puxa subitamente a toalha da mesa e os objetos sobre a mesa permanecem em repouso. Esta é uma demonstração bem conhecida da propriedade de inércia dos objetos, que faz os mesmos resistirem a uma mudança do estado no qual se encontram. Portanto, os objetos se encontram no estado de repouso e por ação da inércia, eles tendem a permanecer em repouso.

Figura 7 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente.

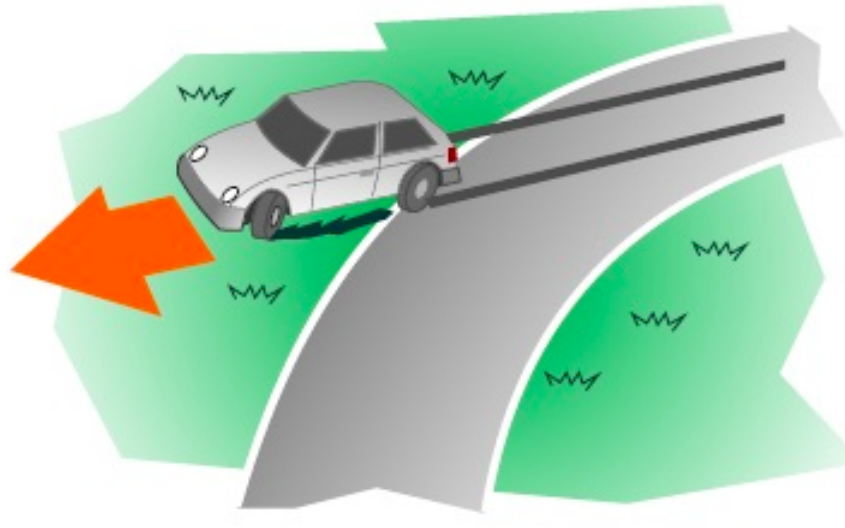


Fonte: Hewitt (2015).

Agora, quando um corpo já está em movimento, por ação da inércia, tende a permanecer

em movimento retilíneo uniforme. A Figura<sup>4</sup> 8, mostra um descuidado motorista de um carro cujos pneus perdem totalmente a aderência com a pista e segue a reta tangente a curva. Assim, o carro mantém o estado de movimento que ele tinha imediatamente antes dos pneus perderem a aderência.

Figura 8 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva



Fonte: Site Coisas de Engenheiro (2021).

É importante destacar que alguns conceitos são estabelecidos a partir desta lei. Por exemplo, ela estabelece os critérios para determinar um referencial inercial. Que são referenciais nos quais as Leis de Newton são válidas. Nas palavras de TIPLER e MOSCA (2009, p. 94) "Se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um referencial inercial". Outro exemplo, são as condições de equilíbrio mecânico de um corpo, que ficam bem estabelecidas com base na Primeira Lei de Newton (HEWITT, 2015). Utilizando a linguagem matemática, a condição de equilíbrio é dada por:<sup>5</sup>

$$\sum \vec{F} = 0. \quad (3.3)$$

Diante do exposto acima, podemos afirmar que a Primeira Lei de Newton tem sua importância não só pela propriedade da inércia, mas, também, por outros conceitos que são estabelecidos a partir dela.

<sup>4</sup> Fonte: Site Coisas de Engenheiro. Disponível em: <https://coisasdeengenheiro.wordpress.com/category/dinamica-da-frenagem>. Acesso em: 08 jul 2021.

<sup>5</sup> O símbolo  $\sum$  representa o somatório e o  $\vec{F}$  indica uma força vetorial, ou seja, o somatório das forças vetoriais é igual a zero

### 3.4 Segunda Lei de Newton

Galileu conseguiu mostrar, através dos experimentos com planos inclinados, que a aceleração dos corpos em queda livre é constante. Diante disso, surge um questionamento: o que faz a velocidade variar? Ou seja, o que produz a aceleração? Nesta subseção, abordaremos a Segunda Lei de Newton que lançou luz sobre estas questões.

Considere uma bola de futebol parada num gramado. Aplica-se uma força (através de um chute) e a bola passa a rolar na grama, ou seja, no momento do chute enquanto o pé está em contato com a bola, ela foi acelerada (Figura 9). Mas, imediatamente após a bola perder o contato com o pé, ela começa diminuir a velocidade, ou seja, começa a desacelerar por causa da força de atrito entre a bola e a grama, força esta que atua na bola em sentido contrário ao movimento da mesma. Portanto, para aumentar ou diminuir a velocidade da bola foi necessário a aplicação de uma força (HEWITT, 2015).

Figura 9 – Bola rola na grama após receber um chute.



Fonte: Adaptado de Hewitt (2015).

Assim, a aceleração ( $\vec{a}$ ) depende da força resultante ( $\vec{F}_{res}$ ) que atua sobre a bola, de maneira que se o valor da força resultante for duplicado a aceleração duplicará e se a força for triplicada a aceleração triplicará e assim sucessivamente. Dito de outro modo, a força é diretamente proporcional à aceleração:  $F_{res} \sim a$ .

Como vimos acima, aceleração é diretamente proporcional à força resultante, mas ela depende também da massa do corpo. Isso também significa que a aceleração depende da inércia, pois a inércia que um corpo possui depende do valor da sua massa, quanto maior for a massa do corpo, maior será a sua inércia (HEWITT, 2015).

Diante do exposto, podemos tentar definir massa de uma maneira simples, contando com a possibilidade de não ser exitoso. Nas palavras de Halliday *et al.* (2016, p. 244), "massa de um corpo é a propriedade que relaciona uma força que age sobre o corpo com a aceleração resultante".

Na Figura 10 podemos constatar que a força da mão aplicada em um tijolo (massa  $m$ ) produz uma certa aceleração; quando aplicada em dois tijolos (massa  $2m$ ) a aceleração produzida é a metade; e se for aplicada em três tijolos (massa  $3m$ ) produzirá um terço da aceleração.

Figura 10 – A força da mão empurra três quantidades de tijolos diferentes.



Fonte: Adaptado de Hewitt (2015).

Assim, podemos expandir este resultado para outros valores de massa e de um modo geral, podemos dizer que a aceleração de um corpo é inversamente proporcional à sua massa.

Diante do exposto, podemos agora apresentar o enunciado da Segunda Lei de Newton, como expresso por Hewitt (2015, p. 63): "A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que essa força e é inversamente proporcional à massa do objeto".

Utilizando as unidades de medida adequadas do S.I.<sup>6</sup>, como vimos na subseção 3.2, newton (N) para força, quilograma (kg) para massa e metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ) para aceleração, pode-se expressar a Segunda Lei de Newton em termos matemáticos:

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}. \quad (3.4)$$

A partir da equação 3.4, podemos afirmar que força e aceleração são grandezas vetoriais e possuem mesma direção e mesmo sentido, considerando que a massa (grandeza escalar) assume somente valores positivos.

<sup>6</sup> Sistema Internacional de Unidades

### 3.5 Terceira Lei de Newton

A Primeira e a Segunda Leis de Newton relacionam a força resultante que atua sobre um corpo e o movimento produzido nele. Entretanto, não descrevem a interação entre o corpo que aplica a força e aquele na qual a força é aplicada. Assim, coube à Terceira Lei de Newton descrever a ação das forças nesta interação, que no caso mais simples seria entre dois corpos (NUSSENZVEIG, 2013).

Nas palavras de Halliday *et al.* (2016, p. 258), o enunciado da Terceira Lei de Newton é expresso da seguinte maneira: "Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos". Uma importante propriedade que é descrita nesta lei é a seguinte: as forças sempre atuam aos pares. Sobre este tema, TIPLER e MOSCA (2013, p. 108) afirma: "se uma força é exercida sobre um corpo A, deve existir um outro corpo B que exerce a força". A Figura 11 apresenta alguns fenômenos e a representação das forças de ação e reação que atuam em cada caso.

Nos fenômenos apresentados na Figura 11 podemos verificar, por exemplo, que o pneu do carro aplica uma força na estrada para trás  $\vec{F}_{PE}$  e a estrada aplica uma força no pneu para frente  $\vec{F}_{EP}$ , que move o carro para frente. Sobre estas forças, a Terceira Lei Newton garante que:

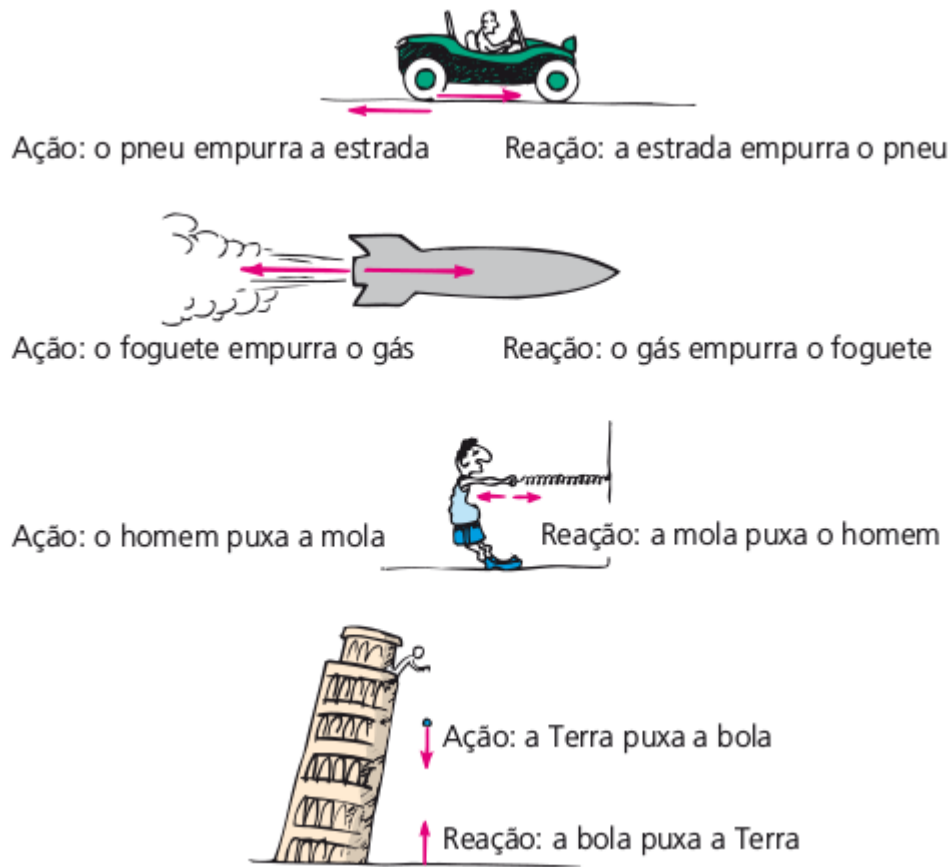
$$F_{PE} = F_{EP}. \quad (3.5)$$

Na equação 3.5, estão representados os módulos iguais das duas forças. Na equação 3.6, temos a relação vetorial, módulos iguais, mesma direção e sentidos opostos. Onde o sinal negativo indica que os sentidos são opostos,

$$\vec{F}_{PE} = -\vec{F}_{EP}. \quad (3.6)$$

Estas forças aparecem de forma simultânea, sendo assim, não é primordial saber qual é força de ação e a de reação, mas sim perceber que elas surgem da interação entre corpos e que uma não existe sem a outra. É importante ressaltar, também, que mesmo os corpos inanimados (parede, mesa, piso etc.) interagem aplicando forças, ou seja, eles obedecem a Terceira Lei de Newton (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Figura 11 – Representação de forças de ação e reação.



Fonte: Gaspar (2016).

A partir do enunciado da Terceira Lei de Newton podemos inferir algumas características das forças de ação e reação:

1. Possuem mesmo módulo;
2. Atuam na mesma direção;
3. Têm sentidos opostos;
4. E atuam em corpos diferentes.

As três primeiras características poderiam sugerir que as forças de ação e reação poderiam se equilibrar, mas a quarta característica garante que isso não pode acontecer, já que para haver o equilíbrio mútuo entre as forças, elas deveriam atuar em um mesmo corpo.

### 3.6 Forças Especiais: gravitacional, normal e de atrito

Como vimos nas subseções 3.3, 3.4 e 3.5, a força surge da interação entre dois ou mais corpos. Estas interações que foram estabelecidas até hoje, se apresentam em quatro tipos funda-

mentais: interações gravitacionais, interações eletromagnéticas, interações fortes e interações fracas (NUSSENZVEIG, 2013). Para nosso estudo, interessa as interações gravitacionais e as eletromagnéticas. Esta última se justifica porque as forças de contato (força de atrito, força normal) são na sua essência forças eletromagnéticas. Mas, a abordagem destas essências não cabe no escopo deste estudo, vamos nos ater aos fenômenos macroscópicos produzidos pela ação destas forças.

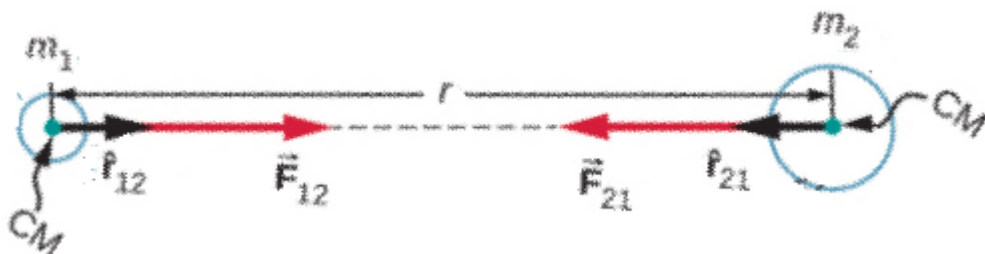
### 3.6.1 Força gravitacional

Na época de Isaac Newton (1643-1727), muitos estudiosos ainda consideravam que se alguma força atuasse sobre os planetas, estas deveriam apontar na direção do movimento dos mesmos. Estes estudiosos, ainda estavam sob influência do aristotelismo, tema que já abordamos na subseção 3.1. Entretanto, Newton considerava que deveria existir força atuando nos corpos celestes, pois se assim não fosse, eles descreveriam trajetórias retas e não elípticas (HEWITT, 2015).

Assim, Newton procurou mostrar através de cálculos que a força que atuava sobre os corpos celestes puxando-os em direção do Sol, era a mesma que a Terra exercia sobre os corpos, por exemplo, a força que puxa para baixo o fruto de uma árvore. Inicialmente ele não obteve êxito nos cálculos para comprovar sua teoria, somente vinte anos depois é que ele lançou a **Lei da Gravitação Universal**, lei que regia tanto o movimento dos corpos aqui na Terra quanto o dos corpos celestes (HEWITT, 2015).

Na Figura<sup>7</sup> 12, mostra a configuração dos vetores das forças ( $\vec{F}_{12}$  e  $\vec{F}_{21}$ ), dos vetores unitários ( $\vec{r}_{12}$  e  $\vec{r}_{21}$ ), a distância entre os dois corpos ( $r$ ) e as massas ( $m_1$  e  $m_2$ ) dos dois corpos.

Figura 12 – Força gravitacional entre dois corpos.



Fonte: Site Valdosta State University (2022).

<sup>7</sup> Fonte: Site Valdosta State University, disponível em: <https://vtext.valdosta.edu/xmlui/bitstream/handle/10428/2921/Chapter%2013%20University%20physics%20volume1-LR-16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
Acesso em: 20 jan 2022.



A Lei da Gravitação Universal rege a interação entre dois corpos como estes representados na Figura 12. As forças de atração entre os dois corpos, que está relacionada com suas massas, são dadas pelas equações 3.7 e 3.8 a seguir:

$$\vec{F}_{21} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{21}^2} \hat{\mathbf{r}}_{21}, \quad (3.7)$$

$$-\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12}. \quad (3.8)$$

Onde  $r_{12} = |\mathbf{r}_{12}|$  é a distância entre os corpos,  $\mathbf{r}_{12}$  e  $\mathbf{r}_{21}$  são vetores unitários na direção 1 para 2 e de 2 para 1, respectivamente. Portanto, as equações 3.7 e 3.8 nas palavras de Nussenzveig (2013, p. 110) dizem que "a magnitude da força gravitacional é proporcional à massa de cada uma das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa".

A letra  $G$  é o símbolo que representa a **constante gravitacional**, uma constante universal cujo valor numérico em unidades do Sistema Internacional (SI) é  $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$ . Este é um valor muito pequeno, isto significa que a força gravitacional é uma força relativamente fraca (HEWITT, 2015).

### 3.6.1.1 Peso

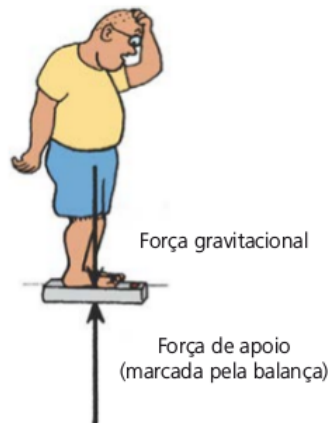
Na Figura 13, estão representadas duas forças, a força gravitacional que puxa o homem para baixo e a força de apoio que empurra o homem para cima. O peso do homem é o efeito produzido pela ação das duas forças. No equilíbrio<sup>8</sup> o peso possui mesmo valor da força gravitacional. Podemos afirmar que o peso do homem sobre a balança é igual a força que ele exerce sobre a superfície da mesma (HEWITT, 2015).

A força sobre um corpo nas proximidades da Terra devido a ação da força gravitacional é  $m \cdot g$ . Agora, quando o corpo estiver sob condição de equilíbrio,  $m \cdot g$  também será seu peso (HEWITT, 2015). Por exemplo, a situação mostrada na Figura 13, o peso do corpo pode ser calculado através da equação 3.9

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}. \quad (3.9)$$

<sup>8</sup> Na subseção 3.3 apresentamos as condições de equilíbrio de um corpo.

Figura 13 – Homem utilizando uma balança de banheiro.



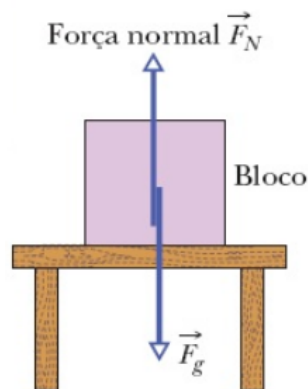
Fonte: Hewitt (2015).

Onde  $m \cdot g$  é o módulo da força gravitacional, que nesse caso é igual ao peso  $P$  do corpo.

### 3.6.2 Força normal

Em pé sobre um piso uma pessoa está sob a ação da força gravitacional exercida pela Terra, mas permanece em equilíbrio. Então, deve existir uma força atuando no sentido oposto ao da força da gravidade. Esta força é exercida pelo piso, que se deforma sob a ação do peso da pessoa e a empurra para cima. Força como esta aplicada pelo piso é chamada de força normal  $\vec{F}_N$ . De acordo com Halliday *et al.* (2016, p. 255), "Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal  $\vec{F}_N$  que é perpendicular à superfície".

Figura 14 – Um bloco sobre a mesa e ambos em repouso em relação ao solo.



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

Na Figura 14, consideramos o conjunto bloco e mesa em repouso em relação ao solo e observamos que a força normal  $\vec{F}_N$  é exercida pela mesa sobre o bloco, com orientação vertical

para cima. Outrossim, a força gravitacional  $\vec{F}_g$  é exercida pela Terra sobre o bloco, com orientação vertical para baixo. Dessa forma, a resultante das forças sobre o bloco é nula (HALLIDAY *et al.*, 2016). Considerando, ainda, o sentido para cima como positivo, que o solo seja o referencial utilizado e que  $\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}$ , podemos utilizar a Segunda Lei de Newton ( $\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$ ) e escrever a equação 3.11:

$$F_{res} = F_N - F_g = m \cdot a \implies F_N - m \cdot g = m \cdot a \implies F_N = (a + g) \cdot m. \quad (3.10)$$

Na situação em que a mesa e o bloco estejam em repouso em relação ao solo, teremos  $a = 0$  e o valor da  $F_N$  será:

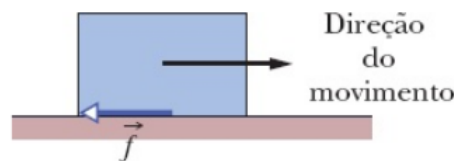
$$F_N = m \cdot g. \quad (3.11)$$

Portanto, considerando o caso particular do plano horizontal e como previsto na Primeira Lei de Newton, o módulo da força normal é igual ao da força gravitacional, ou seja, igual ao módulo do peso do bloco.

### 3.6.3 Força de atrito

Um bloco se move ou tenta se mover sobre uma superfície (Figura 15), nesse momento surge uma resistência devido ao contato entre as superfícies irregulares (rugosas, ásperas) dos corpos. Esta resistência nas palavras de Hewitt (2015, p. 256), "é considerada como uma única força  $\vec{f}$  que recebe o nome de força de atrito, ou simplesmente atrito". Como podemos constatar na Figura 15, ela é sempre tangente às superfícies e atua no corpo em sentido contrário ao movimento ou tendência de movimento do mesmo. Portanto, se o bloco for empurrado para direita ou para a esquerda, a força de atrito atuará sobre o bloco para esquerda no primeiro caso e para direita no segundo.

Figura 15 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies

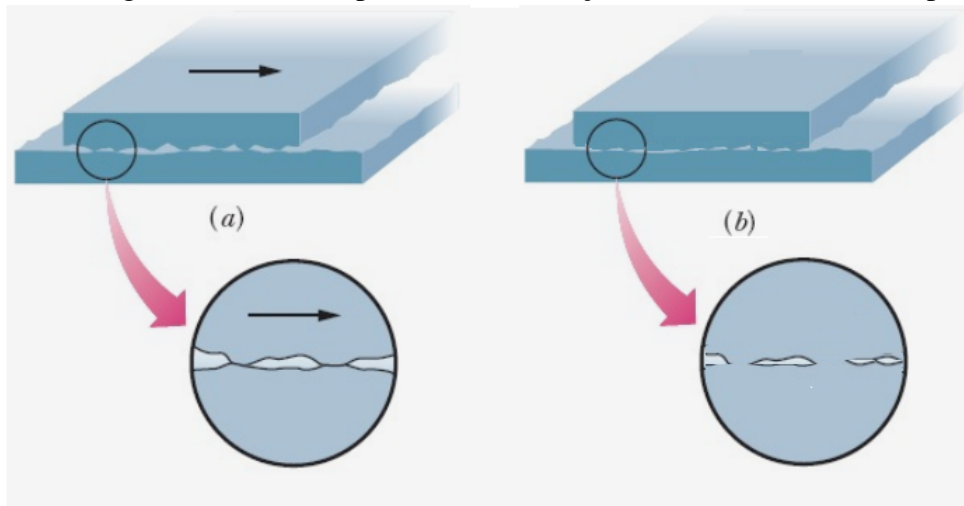


Fonte: Hewitt (2015)

A primeira impressão que temos ao conhecermos um pouco o atrito não é boa. Parece que ele sempre aparece pra dificultar o movimento. Por exemplo, segundo Halliday *et al.* (2016,

p. 304), "Cerca de 20% da gasolina consumida por um automóvel é usada para compensar o atrito das peças do motor e da transmissão". Todavia, descobrimos depois que sem o atrito o carro não poderia se mover, nós não poderíamos caminhar, nem segurar objetos em nossas mãos, ou seja, uma infinidades de atividades que seriam impossíveis sem o atrito.

Figura 16 – Irregularidades das superfícies em situações de movimento (a) e repouso (b).



Fonte: Adaptado do site SlidePlayer (2022).

Na Figura<sup>9</sup> 16, vamos considerar que a placa de baixo permanece fixa para descrevermos como funciona o mecanismo do atrito. Em (a), com a placa de cima em movimento os pontos soldados entre as duas superfícies são reduzidos, diminuindo o atrito. Em (b), com o corpo em repouso os pontos soldados aumentam e em consequência o atrito também aumenta.

Na parte (a) da Figura 16, temos o atrito cinético, pois a placa de cima desliza em relação a placa de baixo. A intensidade da força de atrito cinético é dada por:

$$f_k = \mu_k \cdot F_N. \quad (3.12)$$

Onde  $\mu_k$  é o coeficiente de atrito cinético,  $f_k$  é a força de atrito cinético e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Na parte (b) da Figura 16, temos o atrito estático, pois as placas permanecem em repouso uma em relação a outra. Nesse caso, se uma força  $\vec{F}$  for aplicada na placa de cima e ela continuar em repouso podemos afirmar, conforme a Primeira Lei de Newton, que a força resultante que atua na placa de cima é nula. Dessa forma, sendo a resultante nula, uma outra força deve atuar sobre a placa de cima, força esta denominada força de atrito estático ( $\vec{f}_s$ ) que

<sup>9</sup> Adaptada de figura disponível em: <https://slideplayer.es/slide/13382071/>. Acesso em: 22 jan 2022.

tem mesmo módulo, mesma direção da força  $\vec{F}$ , mas que atua em sentido contrário. Durante a aplicação da força  $\vec{F}$ , a intensidade da força de atrito estático  $\vec{f}_s$  vai variando e assumindo valores iguais ao da força  $\vec{F}$ . Porém, a força de atrito estático não aumenta indefinidamente, ela tem um valor máximo que pode atingir. Assim, qualquer força  $\vec{F}$  maior que este valor máximo produz o movimento da placa. Este valor da força de atrito máximo é dado por:

$$f_{smáx} = \mu_s \cdot F_N. \quad (3.13)$$

Onde  $\mu_s$  é o coeficiente de atrito estático,  $f_{smáx}$  é a força de atrito estático máximo e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Sobre os coeficientes de atrito  $\mu_k$  e  $\mu_s$ , Halliday *et al.* (2016) afirma que: "são adimensionais e devem ser determinados experimentalmente. Seus valores dependem das propriedades tanto do corpo como da superfície". Ademais, a força normal  $F_N$  será tanto maior quanto maior for a pressão do corpo sobre a superfície.

### 3.7 Momento Linear e Impulso

Isaac Newton, elaborou originalmente a Segunda Lei de Newton a partir da ideia de "quantidade de movimento", que também é denominado de momento linear. Assim, Newton definiu momento linear como o produto entre as grandezas: massa e velocidade (NUSSENZVEIG, 2013).

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}. \quad (3.14)$$

Onde  $m$  é a massa,  $v$  é a velocidade e  $p$  é o momento linear do corpo. A unidade de medida do momento linear no S.I. é quilograma  $\cdot$  metro por segundo ( $kg \cdot m/s$ ). Quando multiplicamos uma grandeza escalar (massa) por uma vetorial (velocidade) encontramos como resultado uma grandeza vetorial. Portanto, o momento linear é uma grandeza vetorial e tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor velocidade (HALLIDAY *et al.*, 2016).

Como mencionamos anteriormente, Newton utilizou o momento linear para expressar a Segunda Lei de Newton. A seguir, o enunciado da Segunda Lei de Newton, como está expresso no livro de Halliday *et al.* (2016, p. 523): "A taxa de variação com o tempo do momento de uma partícula é igual à força resultante que age sobre a partícula e tem a mesma orientação que a força resultante". Assim, em termos matemáticos temos:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt}. \quad (3.15)$$

Segundo Nussenzveig (2013, p. 98), a equação 3.15 expressa que "a força é a taxa de variação temporal do momento". A demais, podemos partir da equação 3.15 e chegar à equação 3.4, que expressa a mesma lei em termos de aceleração, mostrando que elas se equivalem como podemos ver apresentado na equação 3.16,

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}. \quad (3.16)$$

É importante ressaltar, que nesta situação apresentada na equação 3.16, considera-se que a massa não varia com o tempo.

Figura 17 – O airbag reduz a taxa de variação do momento linear.



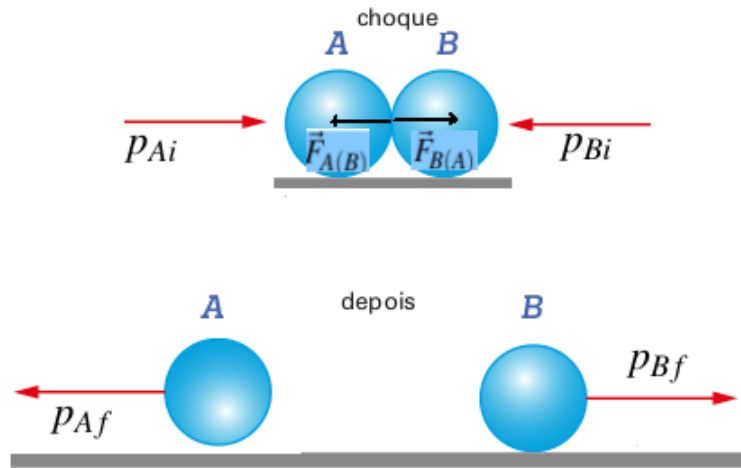
Fonte: Site Brasil Escola (2022).

Na Figura<sup>10</sup> 17 temos uma aplicação que está relacionada com a variação do momento linear. Durante a batida de um carro em alta velocidade, a variação do momento linear é muito grande. A função do airbag é aumentar o tempo do impacto, reduzindo a variação do momento linear. Como a força é a taxa de variação do momento linear, então, a força do impacto também é reduzida (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

<sup>10</sup> Fonte da figura - Site Brasil Escola disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/airbags.htm>. Acesso em: 22 jan 2022.

Agora vamos considerar a colisão frontal entre duas esferas, como esta mostrada na Figura 18. As características das forças que agem durante uma colisão são grande intensidade e atuam por intervalos curtos de tempo. Dessa forma, o efeito dessas forças pode ser medida através do impulso produzido. Com base na Figura 18, na Segunda Lei de Newton em termos de momento linear e na Terceira Lei de Newton, pode-se definir o impulso de uma força (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 18 – Colisão frontal de duas esferas.



Fonte: Próprio autor (2022).

Para a esfera A:

$$\vec{F}_{A(B)} = \frac{d\vec{p}_A}{dt} \longrightarrow \vec{F}_{A(B)} \cdot dt = d\vec{p}_A. \quad (3.17)$$

Para a esfera B:

$$-\vec{F}_{B(A)} = -\frac{d\vec{p}_B}{dt} \longrightarrow -\vec{F}_{B(A)} \cdot dt = -d\vec{p}_B. \quad (3.18)$$

As forças  $\vec{F}_{A(B)}$  e  $\vec{F}_{B(A)}$  obedecem a Terceira Lei de Newton e elas atuam por um curtíssimo intervalo de tempo, que corresponde ao instante inicial  $t_i$  até o instante final  $t_f$ . Assim, a variação total do momento linear nas esferas é a soma dessas variações infinitesimais do momento linear no intervalo de tempo  $(t_f - t_i)$ . Portanto, devemos calcular a integral de ambos os lados das equações 3.17 e 3.18.

Para a esfera A:

$$\int_{t_i}^{t_f} \vec{F}_{A(B)} dt = \int_{p_{Ai}}^{p_{Af}} d\vec{p}_A = \vec{p}_{Af} - \vec{p}_{Ai} = \Delta\vec{p}_A. \quad (3.19)$$

Para a esfera B:

$$\int_{t_i}^{t_f} \vec{F}_{B(A)} dt = \int_{p_{Bi}}^{p_{Bf}} d\vec{p}_B = \vec{p}_{Bf} - \vec{p}_{Bi} = \Delta\vec{p}_B. \quad (3.20)$$

Assim, constatamos através das equações 3.19 e 3.20, que a variação do momento linear é diretamente proporcional ao produto da força pela variação do tempo. Nas palavras de Hewitt (2015, p. 92): "Uma força mantida por um longo período produz mais alteração no momentum que a mesma força aplicada brevemente. Assim, para alterar o momentum de um objeto, são importantes tanto a força como o tempo durante o qual ela atua". Logo, podemos generalizar as equações 3.19 e 3.20 para uma força  $\vec{F}$  qualquer:

$$\int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt = \Delta\vec{p}_B. \quad (3.21)$$

Assim, a equação (3.21) representa a grandeza física denominada **impulso**. Portanto, o **impulso** de uma **força** é a medida da **variação do momento linear** no **intervalo de tempo** no qual a força foi aplicada (NUSSENZVEIG, 2013).

Nesta seção, apresentamos as Leis de Newton e conceitos relacionados a elas. Estas leis que foram abordadas em nosso estudo utilizando materiais potencialmente significativos, como robôs de sumô e projetos básicos de robótica. A robótica que apresenta várias possibilidades como ferramenta pedagógica, pois oferece a oportunidade de desenvolvimento várias habilidades, é uma atividade estimulante, proporciona uma aprendizagem multidisciplinar, dentre outros. Assim, na próxima seção abordamos este tema, apresentando a robótica e o seu papel como ferramenta de ensino e aprendizagem.



## 4 ROBÓTICA COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON

A robótica está presente de várias formas no nosso dia a dia através da automação de vários equipamentos. Por exemplo, nos eletrodomésticos programáveis, nas centrais de atendimento online, empresas privadas e órgãos públicos que usam robôs em seus sites para informar seus usuários, os programas denominados bots que são robôs utilizados nas redes sociais para divulgação em geral e até mesmo na propagação das prejudiciais notícias falsas (fake news). Sobre este tema, Azevedo *et al.* (2010, p. 2) afirmam que

[...] é possível enxergar a robótica em alguns eletrodomésticos, nos aparelhos eletrônicos, nos elevadores, nos caixas eletrônicos, enfim, em uma infinidade de sistemas. Pois são responsáveis pela execução de tarefas por meio do controle humano, facilitando assim, o trabalho árduo para a maioria das pessoas.

Assim, como a robótica já faz parte do nosso dia a dia, é fundamental conhecer ou pelo menos ter noções básicas do funcionamento destes sistemas para conviver de forma harmônica e conseguir usufruir dos seus benefícios.

### 4.1 Origem da robótica

A ideia de construir máquinas capazes de desempenhar atividades humanas de forma autônoma já era imaginada desde épocas remotas. Na mitologia grega, Hefesto, considerado o deus da tecnologia, filho de Zeus e Hera, constrói máquinas humanoides de bronze para auxiliá-lo nas tarefas que ele precisava fazer. A *Ilíada* de Homero, relata a existência de servas de voz "metálica" que auxiliavam o deus Hefesto na construção de armaduras para os guerreiros gregos (NEVESJÚNIOR, 2011).

Deixando a mitologia e partindo para autômatos que funcionavam com base na Mecânica, disciplina que estuda o movimento, a literatura registra a construção dessas máquinas na antiguidade, aproximadamente IV-III a.C, por artesãos gregos. Por exemplo, o relato de um pássaro mecânico que seria capaz de voar produzido pelo inventor Arquitas de Tarento (OLIVEIRA, 2019). Ademais, Aristóteles (322 a.C), já tinha a ideia de colocar máquinas pra trabalharem de forma autônoma para realizar as tarefas repetitivas. Isso se evidencia em uma frase de Aristóteles, conforme citado por SOUZA (2008, p. 1), na qual ele afirma: "Se todo

instrumento pudesse, dada uma ordem, trabalhar por si mesmo, como um arco que toca sozinho a cítara, os empreendedores poderiam dispor menos dos trabalhadores e os patrões dos escravos.”

No final da Idade Média, um dos maiores nomes do Renascimento<sup>1</sup>, Leonardo da Vinci (1452 - 1519), em 1495, projeta um dispositivo mecânico acoplado dentro de uma armadura de cavaleiro medieval e estas engrenagens mecânicas tinham o objetivo de reproduzir movimentos humanos. Segundo Silva (2009, p. 26):

No projeto, o cavaleiro tem pernas com três graus de liberdade e braços com quatro graus de liberdade (ombro, cotovelo, pulso e mãos). Os braços são controlados por um controlador mecânico analógico programável, localizado no peito. Já as pernas são controladas através de cabos conectados a locais chaves nos tornozelos, joelhos e quadris.

Entretanto, este projeto não foi colocado em prática como aconteceu com muitos projetos de Leonardo da Vinci, pois a tecnologia disponível na época não permitia construí-los.

A denominação robô tem origem na obra de Karel Capek (1890 - 1938), "Rossum's Universal Robots"(R.U.R.), peça de teatro escrita em 1920, onde ele utilizou o termo "robot", que em tcheco significa trabalhador forçado (escravo) e em inglês originou a palavra robot. Nessa peça, os robôs tomavam conta da humanidade e acabavam por exterminar os humanos (LUCIANO, 2014).

Isaac Asimov (1920 - 1992), explorou bastante a ideia dos robôs existente no imaginário humano. Ele escreveu o livro de contos, "Eu, robô" publicado em 1950, que contém as três leis da robótica (ALMEIDA; MESQUITA, 2021).

1 - Um robô não deve ferir um ser humano, ou por omissão, permitir que um ser humano venha a ser ferido;

2 - Um robô deve obedecer ordens dadas por seres humanos, exceto quando essas ordens forem conflitantes com a primeira lei;

3 - Um robô deve sempre proteger sua própria existência, somente enquanto tal proteção não contrariar a primeira ou a segunda leis.

Na realidade elas não são leis, mas diretivas que desejamos que sejam obedecidas em um futuro onde robôs com inteligência artificial se tornem comuns.

<sup>1</sup> Renascimento: foi um movimento cultural, intelectual e artístico que representou a transição entre a Idade Média e a Modernidade. Fonte: Revista digital Galileu. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/Historia/noticia/2019/05/7-curiosidades-sobre-vida-e-obra-de-leonardo-da-vinci.html>

## 4.2 Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton

Podemos encontrar várias situações de aprendizagens proporcionada pelo robô de sumô, pois ele é um material potencialmente significativo para o estudo das Leis de Newton.

### 4.2.1 Robô de Sumô

A modalidade robô de sumô tem origem no Japão, inspirada em uma luta tradicional japonesa, em que dois oponentes se enfrentam com o objetivo de empurrar o adversário para fora de uma área circular chamada dohyo, aportuguesado para dojô (NIEDERAUER *et al.*, 2008).

As regras dos combates como na competição Winter Challenge, levam em conta aspectos éticos, comportamental e questões técnicas. Em relação ao robô do nosso estudo que está na categoria 3kg, podemos relacionar algumas da regras da Winter Challenge: A luta acontece em um ringue circular (dojô), de chapa de aço revestida com poliuretano, com bordas brancas e interior na cor preta, com 5,0 mm de espessura e 154,0 cm de diâmetro; O robô deve possuir a largura e o comprimento, de 20 cm cada e a altura é ilimitada. Durante a luta, que tem no máximo 3 rounds de 1 minuto cada, os robôs não podem ter peças desprendidas que somem mais de 10g, resultando na derrota no round caso ocorra a situação; Os robôs devem começar a se movimentar em não menos que 5 segundos após acionarem o botão.

O robô de sumô pode ser controlado a distância ou autônomo, conforme (CARVALHO *et al.*, 2008): "Um robô autônomo é uma máquina que pode trabalhar sem a ajuda externa". O robô de sumô autônomo do nosso estudo obedece a uma programação que é executado por um microcontrolador contido na placa Arduíno. Possui sensores pra controlar a movimentação no dojô (sensores infravermelho) e sensores para localizar o oponente (sensor ultrassônico).

### 4.2.2 Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton

As características da batalha entre robôs de sumô, possibilita explorar os conceitos relacionados às Leis de Newton de uma maneira elegante, sem a necessidade de criar situações artificialmente, já que os fenômenos que acontecem durante a batalha são regidos pelas leis de Newton.

Ademais, o robô de sumô se caracteriza como um material potencialmente significativo, pois as ações de empurrar, parar, mudar de direção, dentre outras manobras executadas pelo robô,

estão presentes no dia a dia deles. Quando, por exemplo, eles utilizam bicicletas, skates, jogam futebol e até mesmo jogos virtuais. Então, essas ideias fazem parte das experiências da maioria dos aprendizes e podem se relacionar de forma **não-arbitrária** e **substantiva** com os conceitos relacionados às Leis de Newton. Nas palavras de Moreira (2011, p.26):

A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, isto é, a algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. É desta interação que emergem, para o aprendiz, os significados dos materiais potencialmente significativos[...].

Como já mencionado anteriormente, o objetivo principal da luta é colocar o adversário para fora do dojô. Dessa forma, um robô deve atacar o oponente empurrando e se defendendo através da execução de manobras para escapar de prováveis investidas.

Para isso, é necessária aplicação de forças para acelerar e desacelerar, nessas ações deve-se considerar a propriedade inércia e a necessidade de alterá-la através da escolha da massa mais adequada para o robô.

Ademais, as forças de ação e reação que atuam entre os pneus do robô e o dojô, devido ao atrito entre as superfícies dos mesmos, podem ser aumentadas através da modificação dos fatores que contribuem para intensificar o atrito entre as superfícies, possibilitando uma melhor tração.

### 4.3 Estrutura e Funcionalidades do Arduíno

O Arduíno é uma plataforma eletrônica de código aberto formada por hardware e software e uma comunidade muito ativa que a mantém sempre em evolução. Esta comunidade é responsável por uma vasta produção de projetos, que ficam disponíveis na internet (ARDUINO, 2021). A placa do Arduíno possui vários recursos para realizar uma prototipagem eletrônica e é projetado com o microcontrolador atmel AVR. O Arduíno proporciona a produção de protótipos de forma rápida, fácil e com baixo custo . Por ser um hardware livre e possuir uma grande comunidade de usuários, ele está sempre sendo desenvolvido de modo a tornar-se uma ferramenta cada vez mais poderosa.(KALIL *et al.*, 2013)

A sua placa eletrônica que contém hardware e software de forma compacta, proporciona a produção de projetos de forma simplificada. O Arduíno possui muitas vantagens a começar pela financeira, pois é relativamente barata; é de fácil manipulação, não é necessário ser um especialista em eletrônica ou em programação para produzir projetos utilizando esta plataforma;

possui código aberto, pois têm hardware e software livres, isso significa que qualquer pessoa pode a partir dele produzir outras versões, distribuir, sendo vedado somente a utilização do nome Arduino entre outras possibilidades. Sobre este tema, explicita McROBERTS (2011, p.20):

A maior vantagem do Arduino sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Artistas, mais especificamente, parecem considerá-lo a forma perfeita de criar obras de arte interativas rapidamente, e sem conhecimento especializado em eletrônica. Há uma grande comunidade de pessoas utilizando Arduínos, compartilhando seus códigos e diagramas de circuito para que outros os copiem e modifiquem.

O uso educacional da plataforma Arduino se popularizou pelas vantagens desta plataforma em relação às outras. A facilidade de manuseio torna o Arduino uma ferramenta que utilizada como método ativo proporcionará ao estudante uma motivação para desenvolver seu potencial criativo, conforme SOUSA (2017, p. 37):

Ao utilizar o Arduino, além de ter uma experiência inovadora em termos tecnológico, podemos entender o passo – a – passo daquilo que estamos construindo, seja um simples sensor ou até mesmo um robô. Isso faz com que professores que utilizam essa ferramenta tenham um domínio muito maior sobre aquele experimento que estão arquitetando, por exemplo, e isso reflete diretamente em sua aula e consequentemente na aprendizagem dos alunos.

Para o Ensino de Física a plataforma Arduino se torna bem interessante devido aos vários sensores que podem ser instalados nela, possibilitando a coleta de dados de várias grandezas físicas de maneira prática. Aprofundando o assunto, enfatiza SOUSA (2017, p.38):

Como pode ser utilizado em conjunto com sensores, o Arduino se torna praticamente indispensável em experimentos de física. Alguns exemplos disso são os diversos sensores que já são projetados propriamente para o Arduino: existem sensores de umidade, de temperatura, de campo magnético, de corrente elétrica, de luz, etc.

Assim, percebemos o grande potencial que tem a plataforma Arduino na ensino experimental de física. Por ser um equipamento relativamente fácil de adquirir, sua versatilidade de aplicação nas várias áreas da física e por não exigir dos seus usuários grandes conhecimentos em programação e eletrônica.

O Arduino associado à robótica se constitui uma ferramenta pedagógica muito poderosa. Mas, a utilização destas ferramentas devem está fundamentadas em uma teoria de aprendizagem, em nosso estudo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, como também deve ter uma metodologia que organize e oriente o caminho a ser percorrido na utilização

destes fundamentos e ferramentas. O percurso metodológico do nosso estudo será o tema da seção a seguir.

## 5 METODOLOGIA

Nesta seção, está posto a metodologia escolhida para alcançarmos os objetivos traçados nesta pesquisa. Utilizamos seis subseções para apresentarmos a metodologia. Na primeira, temos a caracterização da pesquisa; na segunda, o campo empírico da pesquisa; na terceira, participantes da pesquisa; na quarta, técnicas e instrumentos de produção de dados; na quinta, procedimentos de análise de dados; e na sexta subseção, expomos o produto educacional.

### 5.1 Caracterização da Pesquisa

Em nosso estudo analisamos as contribuições da robótica educacional para o processo de ensino e aprendizagem das Leis de Newton, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Assim, utilizamos as tecnologias relacionadas à robótica como material potencialmente significativo para abordarmos as Leis de Newton. Dessa forma, a título de exemplos, podemos constatar algumas características do nosso estudo: os dados são produzidos através da interação do pesquisador com os participantes da pesquisa; a natureza dos dados é subjetiva; a análise dos dados vai além das respostas, buscando o que está implícito, a partir de estudos já realizados sobre conceitos intuitivos relacionados às Leis de Newton. Tais constatações nos levou a adotar a abordagem qualitativa como mais ajustada com a nossa pesquisa. De acordo com Oliveira (2007), a pesquisa qualitativa estuda de forma minuciosa e aprofundada um objeto, um fenômeno da realidade, um grupo de pessoas. Outrossim, ela procura produzir dados confiáveis para descrever a realidade na qual está inserida o objeto de estudo.

Outra abordagem, a quantitativa, difere da qualitativa em muitos pontos, mas isso não as tornam rivais. Diferentemente da abordagem quantitativa, a qualitativa trata a realidade de forma subjetiva e a considera múltipla, ou seja, cada pessoa faz uma leitura da realidade de forma idiossincrática. Assim sendo, as peculiaridades do pesquisador deve ser levadas em conta ao interagir com os participantes da pesquisa e com o objeto de estudo (CHUEKE; LIMA, 2012).

Em nosso estudo, quanto aos objetivos, adotamos a pesquisa descritiva, pois os dados produzidos em nossa investigação são compatíveis com este tipo de pesquisa. Ademais, a abordagem qualitativa possui características que possibilitam a produção de muitos dados descritivos. Sobre esta temática Bogdan e Biklen (1994, p. 48) afirmam que:

A investigação qualitativa é descritiva. Os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e não de números. Os resultados escritos da investigação contém citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorandos e outros registros oficiais.

Isso não significa que este estudo esteja engessado nesse tipo de pesquisa. Apenas indica que ele é predominantemente descritivo, podendo de forma esporádica aproximar-se do tipo explicativa ou da exploratória. Nas palavras de Gil (2002, p. 42):

Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, e pretendem determinar a natureza dessa relação. Nesse caso, tem-se uma pesquisa descritiva que se aproxima da explicativa. Há, porém, pesquisas que, embora definidas como descritivas com base em seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, o que as aproxima das pesquisas exploratórias.

Vale definir também o método de abordagem, que numa pesquisa qualitativa, fica bem ajustado o método indutivo. Este método parte do particular para o geral, ou seja, as conclusões dos estudos realizado em uma pequena amostra, são atribuídas ao grupo maior ao qual pertence a amostra. Bogdan e Biklen (1994) afirmam que na pesquisa qualitativa, os pesquisadores, tendem a utilizar o método de abordagem indutivo para analisar os dados do estudo.

## 5.2 Campo Empírico da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ensino Padre Delfino que fica localizado na cidade de Timon(MA), na rua José Simões Pedreira, número 311, no Centro da cidade; E-mail cepedelfino@escola.edu.ma.gov.br, escola pertencente à rede estadual de ensino. A escola foi inaugurada em 1958 e o seu nome foi escolhido em homenagem ao Pe. Delfino da Silva Júnior, que tinha relevantes serviços prestados a cidade, não só como sacerdote mas também como educador cultural, político e fundador do primeiro jornal da região (SILVA, 2018).

A escola encontra-se numa área de 6068 m<sup>2</sup>, sendo área construída de 1007 m<sup>2</sup>, área coberta de 1300,14 m<sup>2</sup>, área livre de 334 m<sup>2</sup>. O estabelecimento funciona em um prédio composto por onze (11) salas de aula, 01 biblioteca, 01 laboratório de informática, 01 depósito de alimentos, 01 sala dos professores, 01 auditório, 01 diretoria, 01 sala de fotocópias, 01 depósito de materiais e livros, 01 sala da secretaria, 02 banheiro para alunos, 02 banheiros para professores, 01 sala de coordenação pedagógica, 01 banheiro na sala de coordenação, 01 cozinha, 01 depósito de utensílios de cozinha, 01 pátio coberto e estacionamento (CENTRO DE ENSINO PADRE DELFINO, 2022).



Atualmente, a escola oferece à comunidade o Ensino Médio regular no turno vespertino e o Ensino Médio Educação de Jovens e Adultos no turno noturno, visando a formação integral dos jovens para atuarem na sociedade de maneira autônoma, solidária e competente. Atualmente estão matriculados 673 alunos, com idade a partir dos catorze (14) anos de idade, nos turnos vespertino e noturno. O perfil socioeconômico dos alunos na sua maioria é nível baixo, que dependem ou já dependeram dos programas assistenciais do governo.

### **5.3 Participantes da Pesquisa**

O nosso estudo foi realizado com alunos da primeira série do Ensino Médio, pois na minha experiência como docente, constatei que é neste momento que eles encontram maior dificuldades com a disciplina Física. Essa dificuldade de assimilar os conceitos de física termina por desestimular os alunos e a aprendizagem fica comprometida.

Os participantes desta pesquisa foram escolhidos dentre os alunos da 1ª série do Ensino Médio do turno do vespertino do Centro de Ensino Padre Delfino, na cidade de Timon, Maranhão. A escola conta com aproximadamente 200 alunos cursando a 1ª série do Ensino Médio no turno vespertino. Para mantermos o sigilo sobre a participação dos alunos, esses foram identificados por um código composto pela letra P (referente a “participante”) e por um numeral, começando pelo numeral 01 até o 12. Assim, temos os participantes P01, P02, P03... P12.

Dessa forma, divulgamos nas turmas dos primeiros anos a realização deste estudo com robótica e que o mesmo aconteceria no contraturno, ou seja, os alunos do vespertino participariam no turno matutino. Entretanto, apareceram poucos interessados e então, em conversa com a equipe da escola, resolvemos realizar o estudo na turma onde apareceram mais interessados. Apresentamos a proposta para os envolvidos e depois de dirimidas as dúvidas a turma aceitou participar.

Os alunos desta turma, escola pública estadual cuja faixa etária está compreendida entre 15 e 17 anos, são em sua maioria alunos das classes D e E, conforme classificação do IBGE, moram em bairros das redondezas da escola, todavia também têm alunos da zona rural do município que utilizam o transporte escolar.

#### 5.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados

A escolha das técnicas e dos instrumentos para a produção dos dados é estratégico, ou seja, selecionar uma técnica ou um instrumento inadequado pode comprometer a confiabilidade do estudo. Na abordagem qualitativa, o pesquisador interage diretamente com o grupo pesquisado. A este respeito, Bogdan e Biklen (1994, p. 47) dizem que na, “[...] investigação qualitativa a fonte directa de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal”.

Assim, diante do exposto, uma técnica imprescindível que utilizamos em nosso estudo foi a observação participante. Consideramos essa técnica adequada para o nosso estudo, pois a interação direta com os participantes da pesquisa, proporcionou uma boa oportunidade para a coleta de dados. Dessa forma, para registrar os dados dessa observação utilizamos um diário de campo, com gravação do áudio ambiente e a transcrição dos dados feita no mesmo dia, na maioria das vezes. Vale ressaltar que esta técnica deve ser cuidadosamente planejada para que os dados produzidos sejam confiáveis e tenham validade. Com intuito de evitar o comprometimento da observação, o próprio observador deve ser treinado de maneira instrumental, intelectual, física e mental para realizar a observação (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Para acessar os conhecimentos prévios dos estudantes participantes da pesquisa, utilizamos testes abordando informações relacionadas às Leis de Newton, que foram aplicados presencialmente e questionários que foram aplicados remotamente através do google forms. A utilização de testes para verificar os conhecimentos que os alunos possuem pode ser feita, mas com alguns cuidados. De acordo com Moreira (1999, p. 156): "Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional". Em relação aos questionários Marconi e Lokatos (2017, p. 133) afirma que o “Questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”.

Os testes foram aplicados no primeiro encontro do estudo (pré-teste) e outro no sétimo encontro (pós-teste). Nestes testes, utilizamos questões do *Force Concept Inventory (FCI)*, um teste que foi desenvolvido em 1992 por Hestenes, Wells e Swackhamer, como um instrumento para auxiliar os professores a detectar e avaliar as concepções dos alunos, criadas a partir do senso comum, sobre a Mecânica Newtoniana. Para atingir esse objetivo, o teste foi desenvolvido explorando o conceito de força, que é considerado fundamental na Mecânica Newtoniana (HESTENES *et al.*, 1992).

As questões que aplicamos nos pré e pós-teste em nosso trabalho são de uma versão traduzida do FCI que foi desenvolvida e validada por Fernandes (2011). Na sua tese, Fernandes, traduziu uma versão revisada do FCI produzida por Hestenes e Halloun em 1995. A tradução para português foi feita de maneira rigorosa para mantê-la fiel ao instrumento original, só foram feitas pequenas modificações para melhor adaptação ao nosso contexto (FERNANDES, 2011).

Entretanto, o FCI possui trinta questões para serem resolvidas em quarenta minutos, um número de questões elevado, que dependendo das circunstâncias pode se tornar cansativo para o aluno. Em virtude disto, buscamos um trabalho realizado pelos pesquisadores Han *et al.* (2015), que dividiu o FCI em dois testes de meio comprimento com quatorze questões cada, de tal modo, que eles têm equivalência entre si e preservaram as características do FCI completo. Desse modo, os dois instrumentos podem ser utilizados como pré-teste e pós-teste em uma pesquisa (HAN *et al.*, 2015).

As questões do FCI foram agrupadas conforme os conceitos de física que abordam. Cada questão apresenta cinco (05) opções de respostas, sendo uma em conformidade com os conceitos newtonianos e quatro que funcionam como distratores<sup>1</sup> relacionadas aos conceitos intuitivos dos participantes em relação às Leis de Newton. Quando os conhecimentos que prevalecem na estrutura cognitiva dos participantes são os não científicos, eles são atraídos para os distratores que foram forjados a partir de conceitos intuitivos (FERNANDES, 2011). No quadro 1, apresenta os temas com a respectiva numeração das questões. Numeração que foi modificada em relação ao FCI, porque utilizamos os dois testes de meio comprimento, como mencionamos acima.

Quadro 1 – Questões dos Testes e os Respectivos Conceitos Abordados

CONCEITOS NEWTONIANOS	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Cinemática	01, 06, 10, 13	01, 12, 13
Primeira Lei de Newton	04, 05, 07, 08, 12	04, 08, 09, 10
Segunda Lei de Newton	03, 09, 11	03, 05, 06, 07, 11
Terceira Lei de Newton	02, 14	02, 14

Fonte: Adaptado de Fernandes (2011) e Han *et al.* (2015)

Além do quadro 1 com os conceitos de física abordado em cada questão, tem também o quadro 2 com os conceitos intuitivos mais utilizados pelos alunos de física na resolução das questões do FCI, conforme estudo de Hestenes. Segundo Brutti *et al.* (2000), os conceitos

<sup>1</sup> Conforme Morgado *et al.* (, p. 17) 'Distratores são as opções diferentes da resposta correta da questão'

intuitivos surgem e se fortalecem basicamente da interação com o mundo físico e são ampliado com base na experiência, através de modelos restritos e complementares

Quadro 2 – Uma taxonomia de conceitos intuitivos sondados pelo FCI

CONCEITO INTUITIVO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
<b>Cinemática</b>		
Não discriminação entre posição e velocidade	13B,D	—
Não discriminação entre velocidade e aceleração	13A	13B,C,D
Composição não vetorial da velocidade	6C	—
Sistema de referência egocentrado	—	12A,B
<b>Ímpetus</b>		
Necessidade de uma força para haver movimento	3C,D,E; 5D; 8B,C	3B,D,E
Perda e recuperação do ímpetus original	5C,E	4D; 6A
Dissipação do ímpetus	7C; 9A,B,C; 10C,D,E	12E; 8D; 9C,E
Acúmulo gradual ou atrasado do ímpetus	7B,D; 11C	6D;8E;9B;11C
Ímpetus circular	4A	4A,D
<b>Força Ativa</b>		
Somente agente ativo exerce força	2D; 12E; 14B	14B
Velocidade proporcional à força aplicada	11A	7A; 11A
Força causa aceleração à velocidade terminal	11D	7D; 11D
Desgaste da força ativa	—	7C,E
Movimento implica em força ativa	—	5D
<b>Par Ação e Reação</b>		
Maior massa implica em maior força	2B; 12C; 14D	2A,D; 14D
O agente mais ativo produz a maior força	2C;14D	14D
<b>Concatenação de influências</b>		
Maior força determina o movimento	12A,D	10E
A combinação das forças determina o movimento	4D;10A	4C; 6C; 8B;12C
A última força que atua determina o movimento	5A; 6B	6B; 8C
<b>Outras influências no movimento</b>		
Força centrífuga	3E; 4C,D,E	4C,D,E; 5E
Obstáculos não exercem força	3A; 8A,B; 2E	2C; 3A; 5A
Só existe movimento se a força superar a resistência	—	10A,B,D;
A gravidade é intrínseca à massa	9E	—
Resistência que se opõe à força/ímpetus	—	11B
A gravidade atua depois que o ímpetus é gasto	10C,D,E; 9B	12E
Objetos pesados caem mais rápido	1B,D	1B,D

Fonte: Adaptado de Hestenes *et al.* (1992) e Fernandes (2011)

De acordo com os autores, as questões dos testes não devem ser divulgadas, nem discutidas com os alunos. Inclusive, eles aconselham mudar o título original do questionário a fim de evitar que ele se torne conhecido entre os alunos e o inviabilize como teste. Em

nosso estudo modificamos o título do teste original para, **Força: um conceito fundamental da Mecânica Newtoniana**, com o acréscimo no final dos numerais romanos I e II, para identificar o pré-teste e o pós-teste, respectivamente.

Estas informações são necessárias pois a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, teoria que fundamenta nosso estudo, considera o conhecimento que os alunos possuem na sua estrutura cognitiva, ou seja, aquilo que o aluno já sabe, o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem (AUSUBEL, 2003).

## 5.5 Procedimentos de Análise de Dados

A análise de dados qualitativa, por considerar uma realidade subjetiva e múltipla, leva em conta muitos fatores. Dentre estes fatores podemos relacionar: natureza dos dados coletados e os pressupostos teóricos que guiará a pesquisa. Assim, a redução, a categorização e a interpretação dos dados, são ações que podem ser implementadas para facilitar a análise de dados da pesquisa qualitativa (GIL, 2002).

Portanto, a análise dos dados qualitativos começa com a organização de todo o material produzido. Procurando agrupá-los a partir das semelhanças existentes entre eles e descartar dados irrelevantes para o estudo. A análise acontece naturalmente durante toda a investigação, em cada decisão tomada, mas se torna sistemática após a produção de todos os dados. O passo seguinte é criar categorias descritivas a partir do referencial teórico do estudo e dos dados produzidos na investigação, que devem ser analisados minuciosamente buscando, inclusive, informações não explicitadas no material (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Em nosso estudo, os dados produzidos por meio das observações e testes foram transcritos e analisados através da metodologia de análise de dados Análise Textual Discursiva (ATD). Sobre esta metodologia Moraes e Galiuzzi (2016, p. 202) afirmam que “A Análise Textual Discursiva é uma metodologia que pretende desafiar os pontos de vista do pesquisador a partir de perspectivas de outros sujeitos envolvidos na pesquisa. Nesse conjunto de vozes incluem-se teóricos, autores de produções anteriores sobre os mesmos fenômenos”.

Na pesquisa qualitativa, a ATD não propõe verificar hipóteses, mas estudar os temas e através da contribuição dos sujeitos da pesquisa, apresentar novas possibilidades de entendimento dos mesmos. A intenção da ATD nas pesquisas qualitativas, segundo Moraes e Galiuzzi (2016, p. 33), "é a compreensão, a reconstrução de conhecimentos existentes sobre os temas investigados".

Assim, Após a determinação do **corpus**, que conforme TORRES *et al.* (2011), "[...] é o conjunto de informações sistematizadas na forma de textos, imagens ou outras formas de representações gráficas", o pesquisador passa à analisá-lo. Na ATD, de acordo com Moraes e Galiuzzi (2016), o processo de análise de dados qualitativos é organizado em torno de quatro focos, são eles:

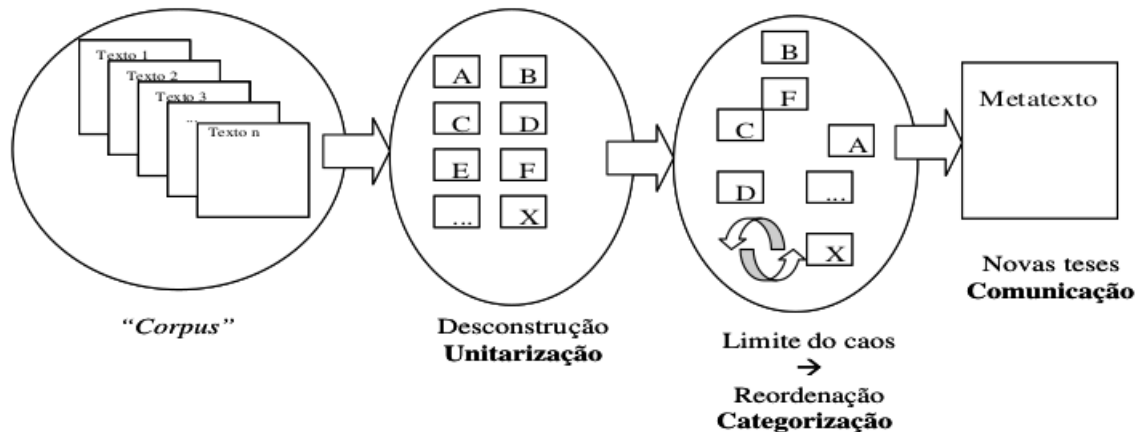
1. **Desmontagem dos textos:** também denominado de processo de unitarização, implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de produzir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados;
2. **Estabelecimento de relações:** este processo denominado de categorização envolve construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as, reunindo esses elementos unitários na formação de conjuntos que congregam elementos próximos, resultando daí sistemas de categorias;
3. **Captção do novo emergente:** a intensa impregnação nos materiais da análise desencadeada nos dois focos anteriores possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo. O investimento na comunicação dessa compreensão, assim como de sua crítica e validação, constituem o último elemento do ciclo de análise proposto. O metatexto resultante desse processo representa um esforço de explicitar a compreensão que se apresenta como produto de uma combinação dos elementos construídos ao longo dos passos anteriores;
4. **Um processo auto-organizado:** o ciclo de análise, ainda que composto de elementos racionalizados e em certa medida planejados, em seu todo pode ser compreendido como um processo auto-organizado do qual emergem as compreensões. Os resultados finais, criativos e originais, não podem ser previstos. Mesmo assim é essencial o esforço de preparação e impregnação para que a emergência possa concretizar-se.

Na figura 19 , está representado de forma simplificada o processo de análise de dados proposto pela ATD, começando pela determinação do corpus, em seguida a unitarização, passando pela categorização e finalizando com a elaboração dos metatextos.

Na Análise Textual Discursiva, podemos chegar às categorias através dos métodos dedutivo, indutivo e o intuitivo.

O método dedutivo, produz categorias a priori, sem o pesquisador ainda ter contato com o "corpus" da pesquisa. De acordo com Moraes e Galiuzzi (2016, p. 45): "O método dedutivo, um movimento do geral para o particular, implica construir categorias antes mesmo de examinar o "corpus". As categorias são deduzidas das teorias que servem de fundamento para a

Figura 19 – Esquema simplificado do processo de análise da ATD.



Fonte: TORRES *et al.* (2011).

pesquisa". Vale ressaltar, que os objetivos da pesquisa são fatores importantes para determinação das categorias.

O método indutivo, parte das unidades de análise, onde o pesquisador busca elementos com características semelhantes, que vão formar as categorias. Diferentemente do método dedutivo, busca formar as categorias através da análise do "corpus" da pesquisa. Segundo Moraes e Galiuzzi (2016, p. 45): "Este é um processo indutivo, de caminhar do particular ao geral, resultando no que denomina de categorias emergentes". Além disso, pode ser feita a combinação dos métodos dedutivo e indutivo. Assim, categorias determinadas a priori podem ser modificadas a partir da leitura do corpus de análise.

No método intuitivo, o pesquisador busca formar as categorias a partir da imersão nos dados dos fenômenos de maneira intensa, a ponto das categorias emergirem de forma súbita. Nas palavras de Moraes e Galiuzzi (2016, p. 46): "As categorias produzidas por intuição originam-se de inspirações repentinas, insights que se apresentam ao pesquisador a partir de uma intensa impregnação nos dados relacionados aos fenômenos". Portanto, este método depende de uma dedicação intensa do pesquisador no estudo dos dados do fenômeno.

Dessa maneira, em nosso estudo seguimos estas etapas da ATD, iniciando pela determinação do corpus, que foram: As informações obtidas através do pré-teste e do pós-teste, as respostas dadas aos questionários e as anotações das observações registradas no diário de campo.

## 5.6 Produto Educacional

O Produto Educacional – Sequência didática que descreverá as atividades, as estratégias e os recursos didáticos aplicados na construção e utilização de robôs sumô, para o estudo da Leis

de Newton - será apresentado no Apêndice A deste trabalho.

Após estabelecer o percurso metodológico para o nosso estudo, determinando suas características, cabe agora, após aplicação do produto educacional e produção dos dados, utilizar Análise Textual Discursiva (ATD), para na próxima seção fazer a análise e discussão dos resultados.



## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Nesta seção, apresentamos os dados produzidos em nosso estudo, através da aplicação dos testes (pré-teste e pós-teste) e o diário de campo elaborado a partir das observações feitas durante a aplicação da sequência didática. Diante disso, em nosso estudo de caráter qualitativo analisamos e discutimos este corpus<sup>1</sup> através da Análise Textual Discursiva (ATD). Nas palavras de Moraes e Galiazzi (2016, p. 33), "A ATD, inserida no movimento da pesquisa qualitativa não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão, a reconstrução de conhecimentos existentes sobre os temas investigados".

Dessa forma, utilizando o processo de análise proposta na ATD, como já apresentamos na subseção 5.5, podemos determinar categorias a priori ou emergentes. Assim, a partir dos objetivos do nosso estudo, da fundamentação teórica utilizada e através do método dedutivo estabelecemos as categorias a priori:

1. **Conhecimentos Prévios dos Participantes Relacionados às Leis de Newton;**
2. **Conhecimentos dos Participantes Relacionados às Leis de Newton Posteriores à Aplicação da Sequência Didática;**
3. **Análise da Aplicação da Sequência Didática a partir das Observações Registradas no Diário de Campo.**

Outrossim, através do método indutivo chegamos às categorias emergentes. Fizemos isso utilizando as unidades de análises produzidas a partir do corpus de análise, dos objetivos e da fundamentação teórica do nosso estudo. Ademais, as categorias emergentes podem ser produzidas a partir do método intuitivo que se caracteriza pela imersão do pesquisador nas informações sobre os fenômenos (MORAES; GALIAZZI, 2016). Assim, chegamos à seguinte categoria emergente:

1. **Predisposição dos Participantes para Aprender de Forma Significativa e o Envolvimento deles nas Atividades;**

Em seguida, apresentamos a análise e discussão dos dados produzidos em nosso estudo, seguindo as categorias apresentadas.

<sup>1</sup> Segundo Bardin (2016, p. 124), 'o corpus é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos.'

## 6.1 Conhecimentos Prévios dos Participantes Relacionados às Leis de Newton

Na aplicação da nossa sequência didática (produto educacional), inicialmente realizamos atividades para detectar os conhecimentos prévios dos participantes sobre as leis de Newton. Seguramente, é importante identificar estes conhecimentos prévios por sua relevância no desenvolvimento da aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (2011, p. 26), "O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva".

Para acessar os conhecimentos prévios dos participantes utilizamos o pré-teste, **Força: Um Conceito Fundamental da Mecânica Newtoniana I**, cujo nome original é: **Force concept Inventory (FCI)**, para mais detalhes sobre este teste veja a subseção 5.4. Este teste foi desenvolvido por Hestenes, Wells e Swackhomer, em 1992, e foi elaborado de tal maneira que até alunos sem estudos formais de física pudessem encontrar significado nas questões (FERNANDES, 2011).

### 6.1.1 Análise das Respostas dos Participantes ao Pré-teste

Para analisar a maioria das respostas dos participantes do nosso estudo, vamos utilizar as informações dos quadros 1 e 2 sobre o FCI, que foram adaptados dos estudos de Hestenes *et al.* (1992), Fernandes (2011), Han *et al.* (2015). Nestes quadros, estão sistematizados os conceitos newtonianos abordados e os conceitos intuitivos (conceitos não newtonianos) dos participantes encontrados nos estudos realizados com o FCI. O pré-teste é composto por 14 (catorze) questões que foram selecionadas no estudo realizado por Han *et al.* (2015), a partir do trabalho de Hestenes *et al.* (1992), que contém trinta questões.

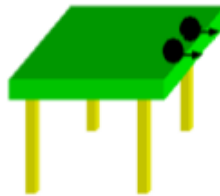
Do total dos 12 (doze) participantes do estudo, apenas 09 (nove) responderam ao pré-teste, os demais não estavam presentes na escola. A aplicação do referido pré-teste aconteceu no dia 21 de setembro de 2021 na própria escola campo empírico do estudo, com duração de 50 minutos (1 hora/aula).

No quadro 1, temos a numeração das questões do pré-teste e o principal tema abordado em cada uma delas. Neste quadro consta que: as questões 01, 06, 10 e 13, abordam conceitos de cinemática; as questões 04, 05, 07, 08 e 12, tratam da Primeira Lei de Newton; as questões 03, 09 e 11 versam sobre a Segunda Lei de Newton; e as questões 2 e 14 referem-se à Terceira Lei

de Newton.

Estas questões foram empregadas em nosso estudo para detectar os conhecimentos prévios e os conceitos intuitivos dos participantes sobre as Leis de Newton, como também para ser utilizado como parâmetro em relação ao pós-teste para detectar uma possível evolução conceitual dos participantes. A seguir, apresentamos cada questão e a análise das respostas atribuídas pelos participantes a essas questões, buscando detectar os conhecimentos prévios e os conceitos intuitivos impregnados nas respostas.

**QUESTÃO 01** - Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:



Fonte: Fernandes (2015)

- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
- b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
- c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa;
- d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
- e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada

Nesta questão, oito participantes ( $\approx 88,90\%$ ) escolheram as opções **b** ou **d**, que contêm a ideia de que a esfera mais pesada (maior massa) chega ao solo primeiro, evidenciando que a

concepção aristotélica sobre este tema está presente entre os participantes do estudo. Ou seja, podemos deduzir que eles utilizaram o conceito intuitivo: **Objetos pesados caem mais rápido**. Ademais, podemos supor que o conhecimento da maioria dos participantes sobre este tema foi forjado através das observações no dia a dia e que o ensino escolar ainda não foi capaz de sobrepujar estas ideias.

Além disso, um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ) marcou a opção **e** considerando que a esfera mais leve chegaria ao solo primeiro, contrariando as ideias de Aristóteles (objetos pesados caem mais rápido) e as de Galileu (objetos pesados ou leves caem com a mesma rapidez). Estas concepções de Aristóteles e Galileu foram apresentadas na subseção 3.1.

A partir das respostas dadas, podemos inferir que os conhecimentos prévios dos participantes, sobre queda dos corpos, não se coadunam com a concepção galileana, ou seja, não estão de acordo com o conhecimento científico.

**QUESTÃO 2** - Um caminhão sofre um defeito na estrada e é empurrado por trás por um carro de passeio como mostrado na figura abaixo.



Fonte: Fernandes (2011)

Enquanto o carro, ainda empurra o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade desejada:

- A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro;
- A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o

carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro;

- e) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

A opção **b** foi assinalada por um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ), ele considerou que o caminhão aplica uma força maior do que o automóvel. Ou seja, podemos deduzir que ele utilizou o conceito intuitivo: **maior massa implica em maior força**.

Cinco participantes ( $\approx 55, 60\%$ ) escolheram a opção **c**, indicando que o carro aplica uma força maior, porque ele está sendo impulsionado por seu motor. Portanto, podemos inferir que a ideia utilizada pelos participantes é que **o agente mais ativo produz maior força**.

Dois participantes ( $\approx 22, 20\%$ ) marcaram a opção **d**, consideraram que **somente o agente ativo aplica força**. Nesse caso, o carro é o agente ativo, pois o motor dele o impulsiona.

Apenas um participante considerou que **obstáculos não exercem força** ( $\approx 11, 10\%$ ), assinalando a opção **e**. Ou seja, para o participante, o caminhão é empurrado porque está no caminho do carro e não porque foi aplicado uma força sobre ele.

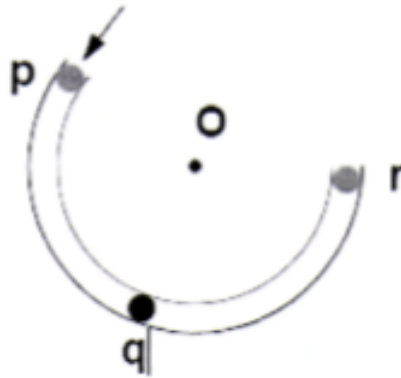
Verificamos através desta questão que os conhecimentos prévios dos alunos sobre este fenômeno não se coadunam com o que enuncia a Terceira Lei de Newton. Nenhum dos participantes marcou a opção **a**, ou seja, não escolheram a possibilidade do caminhão e do carro aplicarem forças de mesma intensidade.

### **UTILIZE AS INDICAÇÕES E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (3 e 4).**

A figura mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em “O”. O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em “p” e sai em “r”.

**QUESTÃO 03** - Considere as seguintes forças distintas:

- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força exercida pelo tubo que aponta de “q” para “O”.
- III. Uma força no sentido do movimento.
- IV. Uma força que aponta de “O” para “q”.



Qual(ais) força(s) acima atua(m) na esfera quando esta se encontra no interior do tubo sem atrito na posição “q” ?

- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

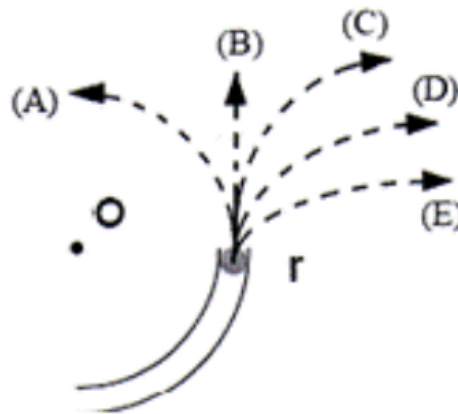
Quatro participantes ( $\approx 44,50\%$ ) marcaram esta opção **a**, supostamente com base no seguinte conceito intuitivo: **Obstáculos não exercem força**. Nesse caso, a superfície interna do tubo é o obstáculo encontrado pela esfera.

Quatro participantes ( $\approx 44,50\%$ ) escolheram a opção **c** e um participante ( $\approx 11,10\%$ ) marcou a opção **d**. Nestas opções, ao indicar a existência de uma força atuando no sentido do movimento, os participantes parecem partir do seguinte conceito intuitivo: **Necessidade de uma força para haver movimento**.

Nenhum participante marcou as opções **b** e **e**, sendo que a opção **b** era a resposta esperada. Portanto, sobre a esfera atuavam uma força por causa da gravidade e outra exercida pelo tubo que aponta de “q” para “O”.

Estas respostas indicam que os conhecimentos prévios dos participantes em relação à Segunda Lei de Newton não são adequados, pois a maioria considera necessário uma força na direção do movimento da esfera e que obstáculos (parede do tubo) não podem aplicar força.

**QUESTÃO 04** - Na figura abaixo, qual a trajetória que a esfera seguirá após sair do tubo em “r”, movendo-se sobre a mesa sem atrito?



Fonte: Fernandes (2011)

Um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ) assinalou a opção **a**, que apresenta o conceito de **ímpetus circular**. Dessa forma, o participante considera que a trajetória da esfera permanecerá sendo curva, mesmo após sair do tubo.

A opção **b** foi escolhida por quatro participantes ( $\approx 44, 50\%$ ). Esta opção está de acordo com os conceitos newtonianos. Após sair do tubo, a força resultante sobre a esfera é zero e conforme a Primeira Lei de Newton a esfera descreverá uma trajetória reta e com velocidade constante.

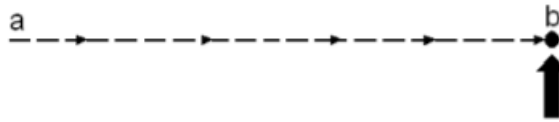
As opções **c** e **e** foram marcadas por 1 ( $\approx 11, 10\%$ ) e 2 ( $\approx 22, 20\%$ ) participantes, respectivamente. Estas opções denotam o conceito intuitivo de **força centrífuga**, que é considerada uma força fictícia para os conceitos newtonianos. Como afirma Nussenzveig (2013, p. 357): "É comum aplicar impropriamente o conceito de força centrífuga, utilizando-o num referencial inercial (onde ela não existe!)".

A opção **e** não foi escolhida por nenhum dos participantes e o participante P3 ( $\approx 11, 10\%$ ) não marcou nenhuma opção.

Dentre as respostas percebemos conhecimentos que não se coadunam com os conceitos newtonianos, como o conceito de ímpetus e de força centrífuga. Mas, em contrapartida ( $\approx 44, 50\%$ ) dos participantes apresentaram a resposta que condiz com os conceitos newtonianos.

**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (5 a 8).**

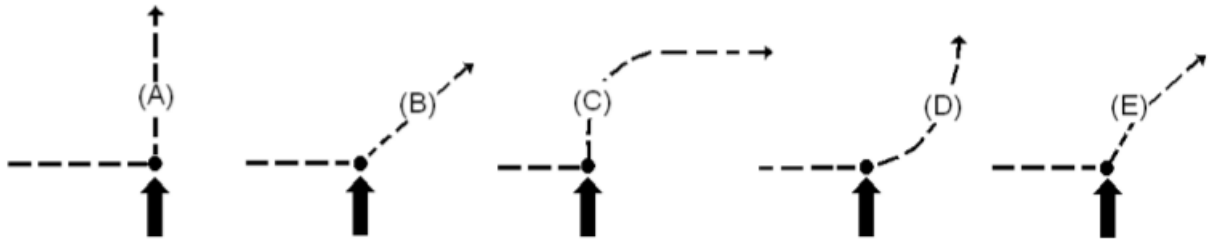
A figura representa a trajetória de um disco que desliza com velocidade constante " $v_o$ " em linha reta do ponto "**a**" para o ponto "**b**" em uma superfície horizontal sem atrito. As forças exercidas pelo ar são insignificantes e o observador olha o disco de cima.



Fonte: Fernandes (2011)

Quando o disco alcança o ponto “b”, ainda com velocidade constante “ $v_0$ ”, recebe um chute horizontal no sentido da seta mais grossa. Se o disco estivesse em repouso em “b”, após o chute, seguiria um movimento vertical com uma velocidade “ $v_1$ ” no sentido do chute.

**QUESTÃO 05** - Qual das trajetórias abaixo mais se aproxima daquela seguida pelo disco após receber o chute?



Fonte: Fernandes (2011)

A opção **a** foi selecionada por um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ), o motivo desta escolha pode está relacionada a última força aplicada no disco através do chute. Ou seja, percebemos a influência do conceito intuitivo: **a última força que atua determina o movimento**.

A opção **b** foi escolhida por quatro dos participantes ( $\approx 44, 50\%$ ) e está de acordo com os conceitos newtonianos. Como após o chute a força resultante sobre o disco é nula, a trajetória é retilínea e será a composição vetorial da velocidade que o disco já possuía, mais a velocidade adquirida devido a força aplicada pelo chute.

As opções **c** e **e** foram marcadas por um ( $\approx 11, 10\%$ ) e dois ( $\approx 22, 20\%$ ) dos participantes, respectivamente. Estas escolhas dos participantes indicam a influência do conceito intuitivo: **perda e recuperação de ímpetus original**. As duas trajetórias indicam, inicialmente, que a velocidade na direção da linha reta do ponto "a" para o ponto "b" passa ser nula (perda do ímpetus) e em seguida volta a aumentar seu valor (recuperação do ímpetus).

Sobre a resposta do participante ( $\approx 11, 10\%$ ) que optou pela **d**, podemos inferir a presença do conceito intuitivo: **necessidade de uma força para haver movimento**. Isso fica evidenciado pela ideia de ímpetus impresso no disco através da força aplicada pelo chute. Ele,



supostamente, produz um movimento acelerado do disco na direção da força, com a trajetória se aproximando da direção perpendicular à da linha reta que passa pelos pontos "a" e "b".

Percebemos a partir das respostas que ( $\approx 44,50\%$ ) dos participantes possui conhecimentos prévios que estão em conformidade com os conceitos newtonianos. Entretanto, a maioria utilizou conceitos intuitivos para responder as questões.

**QUESTÃO 06** - A velocidade do disco imediatamente após receber o chute é:

- a) Igual à velocidade inicial " $v_0$ " que ele possuía antes de receber o chute;
- b) Igual à velocidade " $v_1$ " que resulta do chute e independente da velocidade " $v_0$ ";
- c) Igual à soma aritmética das velocidades " $v_0$ " e " $v_1$ ";
- d) Menor do que ambas as velocidades " $v_0$ " ou " $v_1$ ";
- e) Maior do que ambas as velocidades " $v_0$ " ou " $v_1$ ", mas menor que a soma aritmética dessas duas velocidades.

Nesta questão, quatro participantes ( $\approx 44,50\%$ ) escolheram a opção **a**, cujo texto informa que a velocidade do disco após o chute será a mesma que ele tinha antes do chute. Portanto, não levaram em conta que o chute pudesse alterar a velocidade do disco.

A opção **b** foi escolhida por dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ), que provavelmente usaram o conceito intuitivo: **a última força que atua determina o movimento**. Nesse caso, a força aplicada altera a velocidade que tem direção perpendicular à direção da força, o que contraria os conceitos newtonianos.

Dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ) marcaram a opção **d**, admitindo que o valor da velocidade do disco após o chute é menor do que ambas as velocidades  $V_0$  e  $V_1$ . Os participantes indicam não saber que a força aplicada através do chute não modifica a velocidade  $v_0$ , pois a direção da força é perpendicular à direção de  $v_0$ . E também indicam não saber que a velocidade após o chute é a soma vetorial das velocidades  $V_0$  e  $V_1$ .

Apenas um dos participantes ( $\approx 11,10\%$ ) marcou a opção **e**, opção que está conforme os conceitos newtonianos.

Podemos inferir que os participantes apresentam dificuldades quanto ao entendimento do caráter vetorial da velocidade e também que dois movimentos simultâneos e perpendiculares entre si são independentes.

**QUESTÃO 07** - Ao longo do caminho sem atrito que você escolheu na questão 5, a velocidade do disco depois de ele ter recebido o chute:

- a) É constante;
- b) Aumenta continuamente;
- c) Diminui continuamente;
- d) Aumenta durante algum tempo e diminui depois disso;
- e) É constante durante algum tempo e aumenta depois disso.

Apenas um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ) marcou a opção **a**, que era a resposta esperada. Ademais, fundamentado na Primeira Lei de Newton podemos concluir que a velocidade do disco é constante, pois a resultante das forças aplicadas no disco após o chute é igual a zero.

Dois dos participantes ( $\approx 22, 20\%$ ) que marcaram a opção **d** possivelmente usaram o conceito intuitivo: **Acúmulo gradual ou atrasado do ímpetus**. Dessa forma, eles concluíram que a velocidade do disco aumenta durante algum tempo e diminui em seguida.

O conceito intuitivo, **dissipação do ímpetus**, foi utilizado por cinco dos participantes ( $\approx 55, 50\%$ ) que escolheram a opção **c**. Ela afirma que a velocidade do disco diminui continuamente e assim, a ideia é que o chute imprime uma força no disco que vai sendo consumida até a velocidade chegar a zero.

A opção **e** afirma que inicialmente o disco se comporta conforme os conceitos newtonianos, mas depois de algum tempo volta acelerar, como se um ímpetus passasse a atuar no disco. Apenas um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ) escolheu esta opção.

Constatamos que a maioria dos participantes marcaram a opção **c**, que traz a ideia de dissipação do ímpetus que já era um resposta esperada. Uma vez que, existem muitos fenômenos do nosso dia a dia que parecem corroborar com essa ideia. Por exemplo, uma bola lançada em um gramado vai diminuindo sua velocidade até parar. Verificamos, também, que nenhum participante marcou a opção **b**.

**QUESTÃO 08** - Ao longo da trajetória sem atrito que você escolheu na questão 5, as principais forças atuantes no disco após ter recebido o chute são:

- a) Uma força para baixo devida à gravidade;
- b) A força da gravidade para baixo e uma força horizontal no sentido do movimento;
- c) A força da gravidade para baixo, uma força pra cima exercida pela superfície e uma

- força horizontal atuando no sentido do movimento;
- d) A força da gravidade para baixo e uma força pra cima exercida pela superfície;
- e) Nenhuma (não há forças sendo exercidas sobre o disco).

Esta opção **a** foi marcada por um dos participantes ( $\approx 11, 10\%$ ), ela afirma que atua no disco somente a força devida à gravidade. O conceito intuitivo, que aparece na escolha desta opção é: **Obstáculos não exercem força**. Nesse caso, o obstáculo é a superfície horizontal sem atrito na qual o disco desliza em cima.

Na opção **b** podem surgir dois conceitos intuitivos, um que apresenta a **necessidade de uma força para haver movimento** e outro cuja ideia é: **Obstáculos não exercem força**. Dois participantes ( $\approx 22, 20\%$ ) marcaram esta opção.

Três participantes ( $\approx 33, 30\%$ ) assinalaram a opção **c**, nela aparece o conceito intuitivo que coloca a **necessidade de uma força para haver movimento**. A influência deste conceito fica evidente, pois os participantes escolheram a opção **c** que tem uma força horizontal que atua no sentido do movimento. Entretanto, esta situação não encontra fundamentação na Primeira Lei de Newton.

Além disso, nenhum participante marcou a opção **d**, que era a resposta esperada. Assim, nesta questão temos duas forças atuando no disco, a força gravidade e a força exercida pela superfície.

Dois participantes ( $\approx 22, 20\%$ ) consideraram que nenhuma força foi aplicada sobre o disco, eles não conseguiram perceber nem ação da força da gravidade e nem a força exercida pela superfície.

O que prevaleceu foi o uso dos conceitos intuitivos dos participantes, como: **necessidade de uma força para haver movimento** e **Obstáculos não exercem força**.

**QUESTÃO 09** - Um menino joga uma esfera de aço para cima em linha reta. Considere o movimento da esfera apenas depois de sair da mão do menino e antes de tocar o chão e suponha que as forças exercidas pelo ar são insignificantes. Nestas circunstâncias, a(s) força(s) atuando na bola é (são):

- a) Uma força da gravidade para baixo e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante;
- b) Uma força para cima que vai diminuindo desde o momento em que a esfera sai da



Fonte: Fernandes (2011)

mão do menino até alcançar seu ponto mais elevado e, durante a descida, a força da gravidade para baixo que aumenta constantemente à medida que a esfera vai ficando mais perto da Terra;

- c) Uma força para baixo quase constante devido à gravidade e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante até a esfera alcançar seu ponto mais elevado;
- d) Apenas uma força da gravidade para baixo e quase constante;
- e) Nenhuma das anteriores. A esfera retorna ao chão devido à sua tendência natural de ficar em repouso na superfície da Terra.

Dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ) assinalaram a opção **a**, cuja escolha foi influenciada pelo seguinte conceito intuitivo: **Dissipação do ímpetus**. Dessa forma, o ímpetus vai diminuindo na subida até se extinguir no ponto mais alto da trajetória.

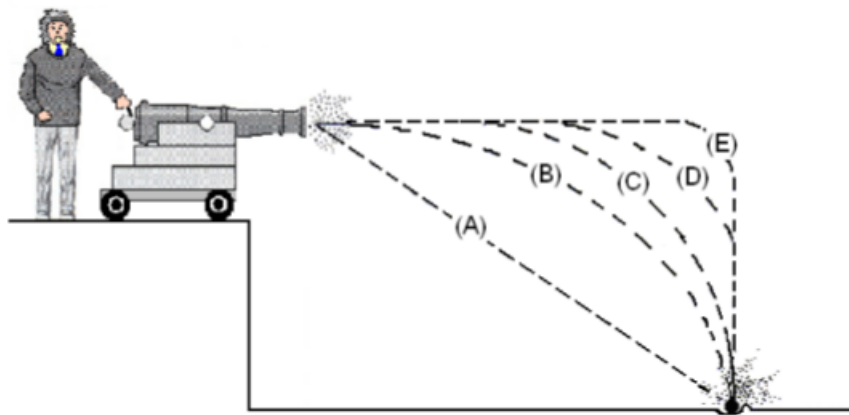
Os conceitos intuitivos, **Dissipação do ímpetus** e **a gravidade atua depois que o ímpetus é dissipado**, serviram de base para cinco participantes ( $\approx 55,50\%$ ) que escolherem a opção **b**. Na visão deles, na subida da esfera atua uma força que vai perdendo intensidade e na descida atua a força da gravidade que vai aumentando seu valor a medida que se aproxima do solo.

Aristóteles defendia que cada corpo tinha o seu lugar natural, esta ideia está presente neste conceito intuitivo: **a gravidade é intrínseca à massa**. A opção **e** foi escolhida por um participante ( $\approx 11,10\%$ ). Assim, a esfera retorna para o solo por causa do tipo de matéria que a compõe, que tem a tendência natural de cair para superfície da Terra.

Um dos participantes ( $\approx 11,10\%$ ) escolheu a opção **d**, que era a resposta esperada de acordo com os conceitos galileanos. A opção **c** não foi marcada por nenhum dos participantes.

Nesta questão, nota-se a presença da ideia do ímpetus na respostas dadas pela maioria dos participantes. Nenhum dos participantes utilizou conceitos newtonianos para resolver a questão.

**QUESTÃO 10** - Uma esfera é disparada por um canhão do alto de um penhasco como mostrado na figura abaixo. Qual é a trajetória que mais se aproxima da seguida pela esfera?



Fonte: Fernandes (2011)

A opção **a** foi escolhida por um participante ( $\approx 11,10\%$ ), esta escolha pode ter se fundamentado no seguinte conceito intuitivo: **a combinação das forças determina o movimento**. De acordo com este conceito intuitivo, duas forças atuariam na esfera, uma na direção do movimento horizontal e a outra na vertical. Dessa forma, a combinação dessas forças faria a esfera descrever a trajetória da opção **a**.

Um participante ( $\approx 11,10\%$ ) marcou a opção **b**, cuja trajetória ali representada está em conformidade com os conceitos newtonianos. A trajetória descrita pela esfera é uma parábola conforme demonstrou Galileu, como abordamos na subseção 3.1. A esfera, desde o início do lançamento, sofre os efeitos da ação da força gravitacional, que a impulsiona verticalmente para baixo e ao mesmo tempo se desloca horizontalmente com velocidade constante.

As opções **c** e **d** foram escolhidas por dois ( $\approx 22,20\%$ ) e um ( $\approx 11,10\%$ ) participantes, respectivamente. O conceito intuitivo que justifica a escolha dessas opções é o seguinte: **dissipação do ímpetus**. Por isso, as trajetórias da esfera que inicialmente se desloca na horizontal e depois passa a se deslocar na direção vertical. Observe que os efeitos da força da gravidade só aparecem quando boa parte do ímpetus já foi dissipado.

Quatro participantes ( $\approx 44,50\%$ ) marcaram a opção **e**, ou seja, na concepção dos

participantes o movimento da esfera na direção vertical só se inicia quando cessa o movimento dela na direção horizontal. Portanto, um conceito intuitivo que justificaria esta escolha é a: **dissipação do ímpetus**. Além disso, observe que os efeitos da força da gravitacional só aparece depois que o ímpetus acaba.

Pelas respostas apresentadas, percebemos que a maioria dos participantes utilizaram o conceito de ímpetus para responder esta questão. Portanto, os conhecimentos prévios da maioria dos participantes são não newtonianos. Apenas um ( $\approx 11, 10\%$ ) dos participantes têm os conhecimentos prévios de acordo com os conceitos cinemáticos. A concepção aristotélica sobre o lançamento de projéteis, ainda é predominante para maioria dos participantes do estudo. O conceito intuitivo que prevalece nas respostas dos participantes é o da dissipação do ímpetus.

**QUESTÃO 11** - Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante " $v_0$ ". Se a mulher duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:

- a) Com o dobro da velocidade constante " $v_0$ " da questão anterior;
- b) Com uma velocidade constante maior do que a velocidade " $v_0$ " da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
- c) Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade " $v_0$ " da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
- d) Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;
- e) Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.

Um participante ( $\approx 11, 10\%$ ) marcou a opção **a**, nesta escolha podemos perceber a influência do conceito intuitivo: **Velocidade proporcional à força aplicada**. A Segunda Lei de Newton garante que a força é proporcional à aceleração, ou seja, a variação da velocidade pelo tempo, mas não à velocidade.

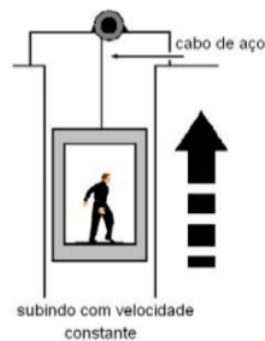
A opção **b** foi assinalada por cinco participantes ( $\approx 55, 50\%$ ) e ela denota que um corpo pode se deslocar com velocidade constante mesmo sob a ação de uma força resultante diferente de zero. Portanto, estes participantes não possuem uma visão newtoniana da relação entre força e velocidade.

A opção **d**, foi escolhida por três dos participantes ( $\approx 33,30\%$ ), que indica a presença do seguinte conceito intuitivo: **Força causa aceleração à velocidade terminal**. Portanto, conforme este conceito intuitivo a força faz a velocidade variar, mas quando a velocidade atinge certo valor limite a força deixa de produzir seus efeitos.

As opções **c** e **e** não foram escolhidas por nenhum dos participantes. Sendo a opção **e**, aquela que está em conformidade com os conceitos newtonianos.

Portanto, a partir destas respostas sobre a relação entre força e velocidade, constatamos que os participantes não possuem conhecimentos prévios em conformidade com os conceitos newtonianos.

**QUESTÃO 12** - A figura mostra um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:



Fonte: Fernandes (2011)

- A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade;
- A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade;
- A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade;
- A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas para baixo pela gravidade e pelo ar;
- Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).

A opção **b** foi escolhida por dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ), que de acordo com a visão

newtoniana era a resposta esperada. Conforme a Primeira Lei de Newton, se o elevador sobe com velocidade constante, então, a força resultante sobre o elevador é zero. Portanto, a força aplicada para cima pelo cabo deve ser igual à força para baixo devida à gravidade.

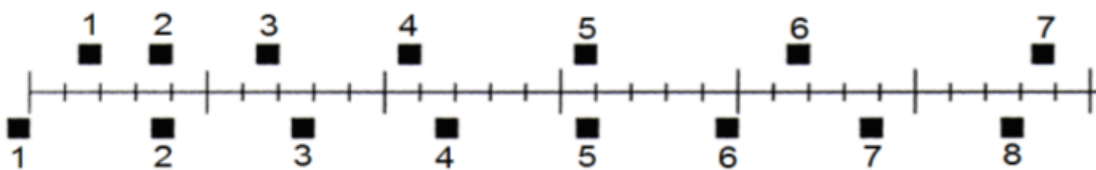
Dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ) marcaram a opção **c** e nesta escolha constatamos a influência do seguinte conceito intuitivo: **Maior massa implica em maior força**. Visto que a massa do elevador supera a do cabo.

A opção **d** foi escolhida por três participantes ( $\approx 33,30\%$ ), percebemos nesta escolha a presença seguinte conceito intuitivo: **Maior força determina o movimento**. Este conceito intuitivo pode levar ao seguinte raciocínio: a maior força é aplicada para cima pelo cabo, porque o elevador está se movimentando nesse sentido.

Dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ) selecionaram a opção **e**, indicando que não há aplicação de força no elevador. Nesse caso, o participante considera que o fenômeno do encurtamento do cabo produz o movimento do elevador e não a ação de uma força.

De um modo geral, podemos perceber através das respostas que os participantes não possuem os conhecimentos prévios necessários para a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados à Primeira Lei de Newton. Visto que, nesta questão constatamos apenas duas ( $\approx 22,20\%$ ) das respostas em conformidade com a visão newtoniana.

**QUESTÃO 13** - Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?

- Não;
- Sim, no instante 2;
- Sim, no instante 3;
- Sim, nos instantes 2 e 5;
- Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.



A opção **a** foi escolhida por dois participantes ( $\approx 22, 20\%$ ), que indica a influência do seguinte conceito intuitivo: **Não discriminação entre velocidade e aceleração**. Portanto, eles não conseguiram perceber que se um bloco está com uma velocidade menor e acelerando, enquanto o outro está com velocidade constante, espera-se que em algum momento as velocidades dos blocos sejam iguais.

Cinco participantes ( $\approx 55, 50\%$ ) selecionaram a opção **b** e nesta escolha percebemos a presença do seguinte conceito intuitivo: **Não discriminação entre posição e velocidade**. Na percepção dos participantes, os blocos possuem a mesma velocidade quando estão ocupando a mesma posição.

A opção **c** foi selecionada por um participante ( $\approx 11, 10\%$ ). Podemos inferir que ele não conseguiu determinar a velocidade dos blocos a partir das sucessivas posições ocupadas por eles e verificar que no instante três a velocidade ainda era menor.

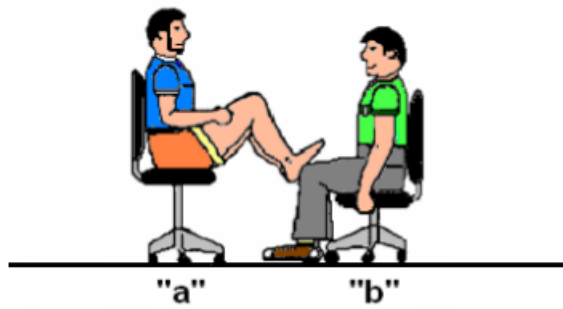
Um participante ( $\approx 11, 10\%$ ) marcou a opção **e**, que era a que estava conforme os conhecimentos científicos. A partir da figura da questão podemos calcular que a velocidade constante do bloco (20 unidades de velocidade) e a velocidade média do bloco acelerado no intervalo 3 e 4 (20 unidades de velocidade). Isso significa que em algum instante durante o intervalo 3 e 4 a velocidade do bloco acelerado assume o valor de 20 unidades de velocidade.

Nesta questão, constatamos que os conceitos de cinemática são pouco utilizados pelos participantes. Não percebem a diferença entre velocidade e posição, enquanto outros participantes não conseguiram perceber a diferença entre aceleração e velocidade. Portanto, o que ainda prevalecem são os conceitos não newtonianos.

**QUESTÃO 14** - Na figura abaixo, o estudante “**a**” tem uma massa de 95 kg e o estudante “**b**” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “**a**” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “**b**”, como mostrado na figura. De repente, o estudante “**a**” dá um empurrão com os pés, fazendo com que ambas as cadeiras se movimentem.

Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “**a**” exerce uma força sobre o estudante “**b**”, mas o estudante “**b**” não exerce nenhuma força sobre o estudante “**a**”;
- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “**b**” exerce a maior



Fonte: Fernandes (2011)

força;

- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.

A opção **b** foi escolhida por quatro participantes ( $\approx 44,50\%$ ), o que indica a influência do seguinte conceito intuitivo: **somente agente ativo exerce força**. Portanto, o estudante “a” toma a iniciativa de aplicar a força, logo somente ele a exerce, ou seja, o estudante “b” não aplicou nenhuma força.

Dois participantes ( $\approx 22,20\%$ ) marcaram a opção **c**, apesar dela não está de acordo com a Terceira Lei de Newton e de ser contraintuitiva, já que o estudante “b” tem menor massa e não é o agente ativo.

A opção **d** foi selecionada por três participantes ( $\approx 33,30\%$ ) e esta opção indica a influência dos seguintes conceitos intuitivos: **maior massa implica em maior força** ou **somente agente ativo exerce força**. Assim, a partir deles infere-se que o estudante “a” aplica maior força por dois motivos: primeiro porque tem maior massa e segundo porque é o agente mais ativo.

Nenhum dos participantes escolheu a opção **a**, a partir dessa informação podemos inferir que os participantes relacionam força ao ato de empurrar. Isso fica claro, porque o enunciado da questão afirma que o estudante “a” dá um empurrão no estudante “b”, logo houve a aplicação de uma força, por isso o participante não escolhe a opção **a**.

Ademais, nenhum dos participantes selecionou a opção **e**, indicando que as informações e experiências que os participantes possuem estão distantes do que enuncia a Terceira Lei de Newton.

### 6.1.2 Análise das Respostas dos Participantes ao Pré-teste Agrupadas a Partir dos Temas Relacionados às Leis de Newton

Agora, após a análise de cada questão do pré-teste, faremos discussão sobre os conhecimentos prévios dos participantes que foram detectados na resolução das questões, mas agora agrupando as questões a partir dos temas relacionados às Leis de Newton abordados em cada uma delas, conforme consta no quadro 1.

**No primeiro grupo temos as questões 1, 6, 10 e 13, que abordam conceitos de cinemática:**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a cinemática, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo possuem conhecimentos prévios relativos a este tema.

Na questão 01 (um), mais de três quartos dos participantes sinalizaram que a esfera mais pesada (maior massa) cai mais rápido do que a esfera menos pesada (menor massa). Eles chegam a essa conclusão a partir do seguinte conceito intuitivo: **Objetos pesados caem mais rápido**. Esta conclusão vai de encontro aos conhecimentos científicos, visto que de acordo com este último, corpos independente da massa caem com a mesma aceleração. De acordo com Hewitt (2015), quando a única força que age é a da gravidade, objetos com massas diferentes caem com acelerações iguais;

Na questão 06 (seis), quase a metade dos participantes escolheram a opção **a**, cujo texto informa que a velocidade do disco após chute será a mesma que ele possuía antes do chute. Percebemos que os participantes não possuem na estrutura cognitiva ideias organizadas da relação entre força e velocidade. Pois não consideraram que a aplicação de um chute no disco alteraria a velocidade dele, ou seja, que a aplicação de uma força fizesse a velocidade do disco variar. Apesar deste fenômeno ser bastante conhecido, pois é semelhante a chutar uma bola de futebol.

Na questão 10 (dez), quase a metade dos participantes escolheram a opção **e**, que indica a ação de um ímpetus sobre a esfera. De acordo com essa teoria, a esfera lançada só começa a cair depois que o ímpetus é totalmente dissipado. Apenas um participante marcou a opção **b**, sinalizando que a composição por um movimento com aceleração constante na vertical devido à gravidade e um movimento com velocidade constante na horizontal. Dessa forma, temos indícios que os participantes não possuem conhecimentos prévios relevantes sobre lançamento

de projéteis.

Na questão 13 (treze), mais da metade dos participantes assinalou a opção **b**, não perceberam a diferença entre posição e velocidade. Além disso, ao marcar a opção **a**, quase um quarto dos participantes sinalizaram que têm dificuldades de distinguir velocidade e aceleração. Apenas um participante assinalou a opção **e**, indicando que percebeu as diferenças entre, velocidade e aceleração. Portanto, detecta-se nesse caso que os conhecimentos prévios sobre aceleração, velocidade e posição não estão organizados na estrutura cognitiva dos participantes.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas dos participantes e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. Objetos pesados caem mais rápido (1);
2. A última força que atua determina o movimento (1);
3. A combinação das forças determina o movimento (1);
4. Dissipação do ímpetus (2);
5. Não discriminação entre velocidade e aceleração (1);
6. Não discriminação entre posição e velocidade (1);

O que prevaleceu nas respostas foi o uso dos conceitos intuitivos. Sobre a influência dos conceitos não científicos na aprendizagem, Chicória e Camargo (2017, p. 16122 ) falam

a respeito da dificuldade dos estudantes em compreender conceitos científicos, uma vez que suas ideias intuitivas são fortemente arraigadas na estrutura cognitiva e, estas ideias nem sempre concordam com os conceitos ensinados na aprendizagem formal.

Outro ponto a ressaltar é número máximo de acertos por questão que foi muito baixo, apenas 01 (um). Portanto, isto é mais uma evidência de que os participantes não possuem os conhecimentos prévios adequados relacionados aos conceitos de cinemática.

**No segundo grupo estão as questões 04, 05, 07, 08 e 12, que tratam da Primeira Lei de Newton;**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Primeira Lei de Newton, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo possuem conhecimentos prévios relativos a este tema.

Na questão 04 (quatro), quase a metade dos participantes escolheram a opção **b**, indicando saber de acordo com a Primeira Lei de Newton, que se a resultante das forças que age

sobre a esfera for nula, ela segue em linha reta com velocidade constante após sair do tubo. Entretanto, também, quase a metade dos participantes usaram conceitos intuitivos. Dentre eles se destacaram: o **ímpetus circular** - que explicaria o fato da esfera permanecer na trajetória curvilínea após sair do tubo; **força centrífuga** - que justificaria o movimento de afastamento radial da esfera após sair do tubo.

Na questão 05 (cinco), quase a metade dos participantes escolheram a opção **b**, indicando saber que após o chute no disco, a força que age sobre ele é zero e a trajetória dele será a composição do movimento na direção do chute com o movimento na direção da linha "ab". Dessa forma, os participantes manifestam que possuem conhecimentos prévios compatíveis com a Primeira Lei de Newton.

Porém, mais da metade dos participantes usaram conceitos não newtonianos para responder a questão. Assim, percebemos a presença dos seguintes conceitos intuitivos: **a última força que atua determina o movimento**, que explicaria a trajetória do disco perpendicular à linha "ab"; **perda e recuperação de ímpetus original** - que justificaria as trajetórias mostradas nas opções **c** e **e** da questão; **necessidade de uma força para haver movimento** - que prever um ímpetus atuando no disco devido ao chute, que contribui na produção da trajetória do disco mostrada na opção **d**.

Na questão 07 (sete), apenas um participante marcou a opção **a**, indicando que ele percebeu que a força resultante é nula, logo a velocidade é constante. Entretanto, os outros participantes usaram conceitos intuitivos, com destaque para: **dissipação de ímpetus** - que foi usado por mais da metade dos participantes. Este conceito é bem frequente uma vez que existem muitos fenômenos do nosso dia a dia que parecem corroborar com essa ideia. Por exemplo, uma bola lançada em um gramado vai diminuindo sua velocidade até parar.

Na questão 08 (oito), nenhum participante marcou a opção **d**, que é a resposta em conformidade com a Primeira Lei de Newton. Dessa forma, a totalidade dos participantes usaram conceitos intuitivos, dentre eles podemos destacar: **necessidade de uma força para haver movimento** - parece óbvio que tenha uma força atuando no sentido do movimento, só que a Primeira Lei de Newton garante que não é necessário; **obstáculos não exercem força** - os participantes apresentam dificuldades de conceber a ideia de pisos, paredes, obstáculos e outros semelhantes, aplicando força.

Na questão 12 (doze), a opção **b** foi escolhida por 02 (dois) participantes, que de acordo com a visão newtoniana é a resposta correta. Portanto, eles sinalizaram saber que se a

velocidade do elevador é constante, o valor da força aplicada pelo cabo deve ser igual ao valor força da gravidade que atua no elevador. Embora, a maioria das respostas dos participantes tenha sido baseadas nos conceitos intuitivos, tais como: **Maior massa implica em maior força** - os participantes consideraram que o elevador aplica maior força, pois possui massa maior do que a do cabo; **Maior força determina o movimento** - o elevador está se movimentando pra cima, pois o sentido da maior força é para cima.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. Ímpetus circular (1);
2. Força centrífuga (1);
3. A última força que atua determina o movimento (1);
4. Perda e recuperação de ímpetus original (1);
5. Necessidade de uma força para haver movimento (3);
6. Acúmulo gradual ou atrasado do ímpetus (1);
7. Dissipação do ímpetus (1);
8. Obstáculos não exercem força (2);
9. Maior massa implica em maior força (1);
10. Maior força determina o movimento (1);

De modo geral, os participantes não possuem conhecimentos prévios sobre a Primeira Lei de Newton. Por outro lado, eles carregam muitos conceitos intuitivos, que por não encontrarem fundamentação científica devem ser substituídos progressivamente por conceitos científicos.

**No terceiro grupo estão as questões 03, 09 e 11 que versam sobre a Segunda Lei de Newton;**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Segunda Lei de Newton, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo possuem conhecimentos prévios relativos a este tema.

Na questão 03 (três), os participantes não apresentam na estrutura cognitiva a ideia de que a superfície do tubo possa aplicar força na esfera. Em outras palavras, para os participantes é contraintuitivo admitir uma parede, um piso, a superfície de uma mesa e outros semelhantes apli-

cando força em outros corpos. Ademais, nas respostas surgiu o conceito intuitivo: **a necessidade de uma força atuando no sentido do movimento**. Em nosso estudo é um dos conceitos intuitivos mais recorrentes, nesta questão, por exemplo, mais da metade dos participantes utilizaram este conceito ;

Na questão 09 (nove), o que prevaleceu foram dois conceitos intuitivos: **dissipação do ímpetus e a gravidade atua depois que o ímpetus é dissipado**. A esfera é arremessada pelo garoto verticalmente para cima. Na subida, a velocidade da esfera vai diminuindo, pois o ímpetus impresso na esfera pela força do garoto vai dissipando. No ponto mais alto a esfera para, porque o ímpetus foi totalmente dissipado. Somente nesse momento a gravidade passa a atuar na esfera, então, ela cai aumentando a velocidade.

Na questão 11 (onze), os participantes apresentaram grandes dificuldades pra fazer a relação entre força e velocidade, a ponto de surgirem alguns fenômenos não newtonianas, tais como: a ideia de proporcionalidade entre força e velocidade; corpo sob a ação de uma força resultante diferente de zero se deslocando com velocidade constante; a força aplicada em um corpo faz sua velocidade variar, mas quando a velocidade atinge certo valor limite, a força não produz mais a variação da velocidade.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. Obstáculos não exercem força. (1);
2. Necessidade de uma força para haver movimento (1);
3. Dissipação do ímpetus (2);
4. A gravidade atua depois que o ímpetus é dissipado (1);
5. A gravidade é intrínseca à massa (1);
6. Velocidade proporcional à força aplicada (1);
7. Força causa aceleração à velocidade terminal (1).

Portanto, verificamos que os participantes, no geral, não possuem conhecimentos prévios relevantes (subsunçores) dos conceitos relacionados à Segunda Lei de Newton. Além disso, os participantes possuem na estrutura cognitiva conceitos intuitivos que exercem grande influência na escolha das respostas deles.

**No quarto grupo estão as questões 2 e 14 que se referem à Terceira Lei de Newton.**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Terceira Lei de Newton, pro-

curamos verificar se os participantes do nosso estudo possuem conhecimentos prévios relativos a este tema.

Na questão 02 (dois), nenhum dos participantes marcou a opção correta. Podemos atribuir este fato a influência dos conceitos intuitivos. Na questão, temos quatro opções que apresentam ideias bem familiares para os participantes, dessa forma, eles tendem a marcar confiando na intuição. Podemos verificar essa influência através das informações desta questão: o carro empurra o caminhão; o carro está acelerando; e o caminhão está com defeito.

Dessa forma, todas essas informações induzem o participante a concluir que o carro aplica maior força. Podemos tomar com exemplo que mais da metade dos participantes utilizaram o conceito intuitivo: **o agente mais ativo produz maior força**. O fato do agente tomar a iniciativa de aplicar a força, de tal modo que fica claro a ação dele, leva o participante a concluir que a força aplicada por este agente é a maior.

Na questão 14 (catorze), nenhum dos participantes selecionou a opção (e) em conformidade com a Terceira Lei de Newton, indicando que esta lei descreve os fenômenos de uma forma não familiar para os participantes. Dessa forma, este fato indica que esta lei é contraintuitiva. Com efeito, isso pode ser verificado quando por intuição o participante chega a conclusão que somente o estudante “a” aplica força, pois somente ele dá um empurrão. Mas, de acordo com a Terceira Lei de Newton o estudante “b” também aplica força.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. Maior massa implica em maior força (2);
2. O agente mais ativo produz maior força (1);
3. Somente o agente ativo aplica força (3);
4. Obstáculos não exercem força (1).

## **6.2 Conhecimentos dos Participantes Relacionados às Leis de Newton Posteriores à Aplicação da Sequência Didática.**

No penúltimo encontro da nossa sequência didática, aplicamos o pós-teste com o intuito de verificar a evolução conceitual dos participantes. Para isso, utilizamos o pós-teste, **Força: um Conceito Fundamental da Mecânica Newtoniana II**. As questões do pós-teste, assim como feito com o pré-teste, foram compiladas entre as trinta questões do FCI. Por conseguinte, o pós-teste é composto por 14 (catorze) questões que foram selecionadas a partir do trabalho



de Hestenes *et al.* (1992), que foi traduzido para português dentro de um estudo realizado por Fernandes (2011) e também, pelo trabalho de Han *et al.* (2015) que dividiu o FCI em dois teste com catorze questões.

### 6.2.1 Análise das Respostas dos Participantes ao Pós-teste

Do total dos doze (12) participantes do estudo, apenas oito (08) responderam ao pós-teste, os demais não estavam presentes na escola. A aplicação do referido pós-teste aconteceu no dia 07 de dezembro de 2021 na própria escola campo empírico do estudo, com duração de 50 minutos (1 hora/aula).

A relação da numeração das questões do pós-teste e o principal tema abordado em cada uma delas, está condensado no quadro 1. Neste quadro consta que: as questões 1, 12 e 13, abordam conceitos de cinemática; as questões 04, 08, 09 e 10, tratam da Primeira Lei de Newton; as questões 03, 05, 06, 07 e 11 versam sobre a Segunda Lei de Newton; e as questões 2 e 14 referem-se à Terceira Lei de Newton.

Estas questões foram utilizadas em nosso estudo para verificar a evolução conceitual dos participantes, através da comparação com os resultados do pré-teste. Como é inviável fazer a comparação de cada questão com a sua possível correspondente, vamos fazer por grupos de questões. **A seguir, apresentamos cada questão e a descrição das respostas obtidas.**

**QUESTÃO 01** - Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:



- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
- b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
- c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais

pesada em relação ao pé da mesa;

- d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
- e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **a**, resposta que está de acordo com os conceitos cinemáticos.

A opção **b** foi selecionada por dois participantes (25,00%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **objetos pesados caem mais rápido**. Portanto, fica evidente que as ideias aristotélicas ainda persistem, ou seja, que a esfera mais pesada (maior massa) cai mais rápido.

Um percentual de 12,50% que corresponde a um participante escolheu a opção **c**. Esta opção não se encaixa nem nas ideias de Aristóteles e nem nas de Galileu, pois ela denota que a esfera mais leve (menor massa) cai mais rápido.

Dois participantes (25,00%) marcaram a opção **d**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **objetos pesados caem mais rápido**. Esta opção apresenta a mesma ideia da opção **b**.

A opção **e** não foi selecionada por nenhum dos participantes, observe que ela apresenta a mesma ideia da opção **c**.

Nesta questão, percebemos que mais de um terço dos participantes responderam usando conceitos newtonianos. Mas o restante continua usando conceito aristotélicos e outros.

**QUESTÃO 02** Um caminhão bate de frente com um carro de passeio.



Durante a colisão:

- a) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão;

- b) A força exercida pelo carro sobre o caminhão é maior do que a força exercida pelo caminhão sobre o carro;
- c) Nenhum veículo exerce força um no outro, o carro é destruído apenas porque estava no caminho do caminhão;
- d) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão;
- e) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é igual à força exercida pelo carro sobre o caminhão.

Cinco participantes (62,50%) marcaram a opção **a**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **maior massa implica em maior força**. Portanto, o participante com base neste conceito intuitivo considera que o caminhão exerce maior força.

A opção **d** foi selecionada por três participantes (37,50%), o que indica novamente a influência do conceito intuitivo: **maior massa implica em maior força**. Além do caminhão possuir maior massa, na maioria dessas colisões o caminhão acaba empurrando o carro, reforçando a ideia de que o caminhão aplica maior força.

As outras opções não foram selecionadas, inclusive a opção **e** que está consoante com a Terceira Lei de Newton. Isso confirma que é contraintuitiva a ideia de que as forças do caminhão e a do carro tenham a mesma intensidade.

Nesta questão, a totalidade dos participantes usaram conceitos intuitivos para respondê-la. Concentrando as respostas em duas opções **a** e **d**.

**QUESTÃO 03** Apesar de um vento muito forte, um jogador de tênis consegue bater uma bola de tênis com a sua raquete, de modo que a bola passe sobre a rede e acerte o campo do seu adversário.

Considere as seguintes forças:

- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força devida à “raquetada”.
- III. Uma força exercida pelo ar.

Qual(quais) força(s) acima está(estão) agindo na bola de tênis após ela perder o contato com a raquete e antes de tocar a quadra do adversário?

- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) II e III;
- e) I, II e III.

A opção **a** foi selecionada por um participante ( 12,50%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **Obstáculos não exercem força**. Neste caso, o obstáculo é o vento forte.

Um percentual de 12,50% que corresponde a um participante escolheu a opção **b**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo: **Necessidade de uma força para haver movimento**

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **c**, resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

Sobre a resposta dos três participantes (37,50%) que optaram pela **d**, podemos inferir a presença do conceito intuitivo: **necessidade de uma força para haver movimento**

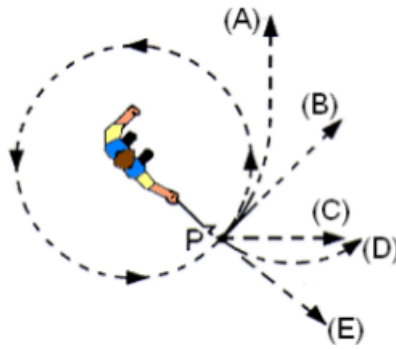
A opção **e** não foi escolhida por nenhum dos participante. Esta opção indica a ação de três forças, inclusive a força da raquetada, indicando que eles perceberam a necessidade do contato entre a raquete e a bola para que a força atue.

Nesta questão, percebemos que mais de um terço dos participantes responderam usando conceitos newtonianos. Mas o restante continua usando conceitos intuitivos e outros.

**QUESTÃO 04** Uma esfera de aço é amarrada a uma corda e girada em uma trajetória circular em um plano horizontal, como mostrado na figura abaixo. No ponto P indicado na figura a corda se rompe próximo à esfera. Se esses eventos forem observados de cima, que trajetória a esfera seguirá aproximadamente após a ruptura da corda?

Sobre a resposta dos seis participantes (75,00%) que optaram pela **a**, podemos inferir a presença do conceito intuitivo: **Ímpetus circular**. Ou seja, de acordo com este conceito intuitivo, após o rompimento da corda a esfera continua na trajetória curvilínea até a dissipação do ímpetus, então, segue em linha reta.

Dois participantes (25,0%) marcaram a opção **b**, resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

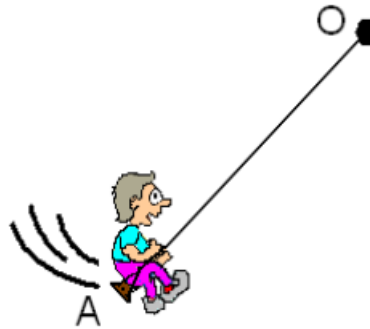


Nesta questão, um quarto do participantes responderam usando conceitos newtonianos. Mas o restante continua usando conceito intuitivos, nesse caso, o ímpetus circular. As respostas se concentraram nas opções **a** e **b**.

**QUESTÃO 05** A figura abaixo mostra um menino que balança em uma corda começando em um ponto mais alto do que a posição **A**.

Considere as seguintes forças distintas:

- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força exercida pela corda apontando de **A** para **O**.
- III. Uma força no sentido do movimento do menino.
- IV. Uma força que aponta de **O** para **A**.



Qual(ais) força(s) acima está(ao) agindo no menino quando ele está na posição **A**?

- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **b**, resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

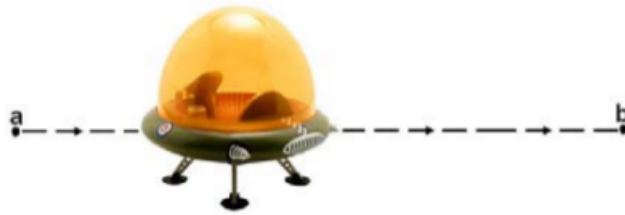
Sobre a resposta dos três participantes (37,50%) que optaram pela **d**, podemos inferir a presença do conceito intuitivo: **movimento implica em força ativa**. Este conceito intuitivo justificaria a existência de uma força na direção do movimento do menino.

Um percentual de 25,0% que corresponde a dois participantes escolheu a opção **e**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo **Força centrífuga**

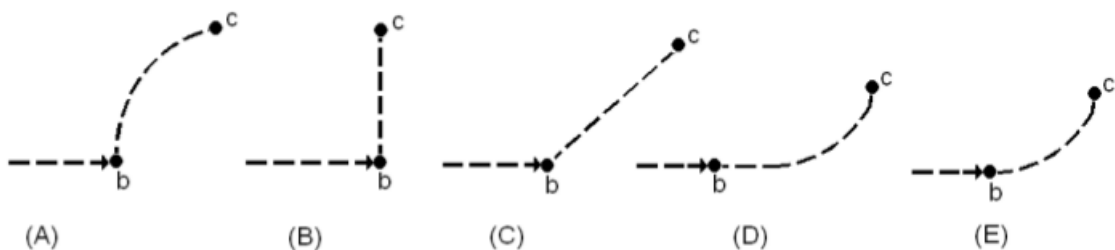
Nesta questão, mais de um terço dos participantes responderam usando conceitos newtonianos. Mas o restante continua usando conceitos intuitivos. As opções **a** e **c**, não foram escolhidas por nenhum participante.

**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (6 A 9).**

Um disco voador desloca-se lateralmente no espaço exterior do ponto “**a**” para o ponto “**b**” como mostrado abaixo. O disco voador não está sujeito a nenhuma força exterior. Chegando na posição “**b**”, o motor do disco voador é ligado e produz nele uma força constante em um ângulo perpendicular à linha “**ab**”. Essa força constante é mantida até que o disco voador alcance o ponto “**c**” no espaço.



**QUESTÃO 06** Qual das trajetórias abaixo melhor representa a trajetória do disco voador entre os pontos “**b**” e “**c**”?



A opção **b** foi selecionada por dois participantes ( 25,00%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **A última força que atua determina o movimento**. Neste caso, a força aplicada pelos motores do disco voador.

Um participante (12,50%) marcou a opção **c**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **A combinação das forças determina o movimento**. Dessa forma, uma força devida ao motor do disco voador e outra na direção do movimento de "a" para "b".

Um percentual de 50,0% que corresponde a quatro participantes escolheram a opção **d**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo: **Acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus**. Neste caso, a força aplicada pelos motores não produz efeito imediatamente, por causa do ímpetus.

Um participante (12,50%) marcou a opção **e**, resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

Nesta questão, apenas um participante respondeu usando conceitos newtonianos. Portanto, denota-se que os conceitos intuitivos, em relação a este tema, estão bem arraigados na estrutura cognitiva do participantes. A opção **a**, não foi escolhida por nenhum participante.

**QUESTÃO 07** Enquanto o disco voador move-se da posição "**b**" para a posição "**c**" sua velocidade está:

- a) constante;
- b) continuamente aumentando;
- c) continuamente diminuindo;
- d) aumentando inicialmente e depois ficando constante;
- e) constante inicialmente e depois diminuindo.

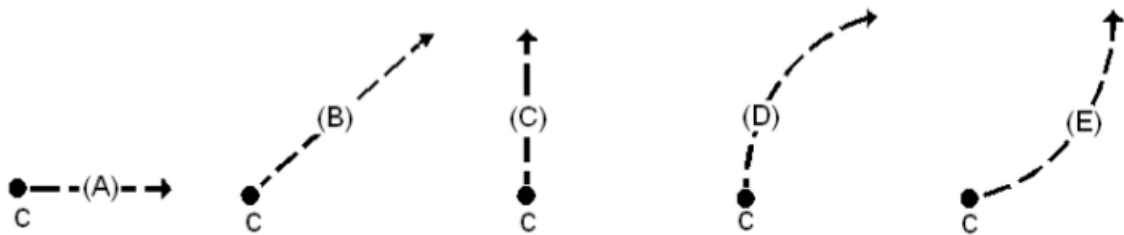
Quatro participantes (50,00%) marcaram a opção **b**, resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

Dois participantes (25,00%) marcaram a opção **c**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Desgaste da força ativa**. De acordo com este conceito intuitivo a força do disco voador vai diminuindo.

Um percentual de 25,00% que corresponde a dois participantes escolheram a opção **d**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo **Força causa aceleração à velocidade terminal**. Ou seja, a força vai acelerar o disco voador, mas só até uma velocidade limite.

Nesta questão, a metade dos participantes responderam usando conceitos newtonianos. Assim, a outra metade usou conceitos intuitivos. As opções **a** e **e** não foram escolhidas por nenhum participante.

**QUESTÃO 08** Na posição “**c**” o motor do disco voador é desligado e a força exercida sobre ele cai imediatamente para zero. Qual das trajetórias abaixo o disco voador irá seguir depois de “**c**”?



A opção **b** foi selecionada por três participantes ( 37,50%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **A combinação de forças determina o movimento.**

Cinco participantes (62,50%) marcaram a opção **d**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Dissipação do ímpetus.** Este conceito intuitivo justificaria a trajetória curvilínea, pois o motor foi desligado e não há forças atuando.

Nesta questão, a totalidade dos participantes usou conceitos intuitivos para responder. Concentrando as respostas em duas opções **b** e **d**.

**QUESTÃO 09** Depois da posição “**c**”, a velocidade do disco voador está:

- constante;
- continuamente aumentando;
- continuamente diminuindo;
- aumentando inicialmente e depois ficando constante;
- constante inicialmente e depois diminuindo.

Um percentual de 12,50% que corresponde a um participante escolheu a opção **b**. Esta



opção indica a presença do conceito intuitivo **Acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus**.

A opção **c** foi selecionada por quatro participantes ( 50,00%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **Dissipação do ímpetus**.

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **e**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Dissipação do ímpetus**.

Nesta questão, a totalidade dos participantes usou conceitos intuitivos para responder. As opções **a** e **d** não foram selecionadas por nenhum dos participantes.

**QUESTÃO 10** Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante “ $v_0$ ”.

A força constante aplicada pela mulher:

- a) Tem a mesma intensidade que o peso da caixa;
- b) É maior do que o peso da caixa;
- c) Tem a mesma intensidade que a força total que resiste ao movimento da caixa;
- d) É maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa;
- e) É maior do que o peso da caixa e maior, também, do que a força total que resiste ao movimento.

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **b**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Só existe movimento se a força superar a resistência**. Neste caso, o participante considera que a resistência é o próprio peso, então para que haja movimento a força aplicada deve ser maior que ele.

Sobre a resposta dos três participantes (37,50%) que optaram pela **c**, podemos afirmar que está de acordo com os conceitos newtonianos.

A opção **d** foi selecionada por um participante ( 12,50%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **Só existe movimento se a força superar a resistência**.

Um percentual de 12,50% que corresponde a um participante escolheu a opção **e**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo: **Maior força determina o movimento**.

Nesta questão, mais de um terço dos participantes responderam usando conceitos newtonianos. Mas a maior parte usou conceitos intuitivos. A opção **a**, não foi escolhida por nenhum participante.

**QUESTÃO 11** Se a mulher da questão anterior duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:

- a) Com o dobro da velocidade constante “ $v_0$ ” da questão anterior;
- b) Com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_0$ ” da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
- c) Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_0$ ” da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
- d) Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;
- e) Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.

Dois participantes (25,00%) marcaram a opção **a**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Velocidade é proporcional à força aplicada**.

A opção **b** foi selecionada por um participante ( 12,50%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **Resistência que se opõe à força/ímpetus**.

Um percentual de 37,50% que corresponde a três participantes escolheu a opção **c**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo **Acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus**.

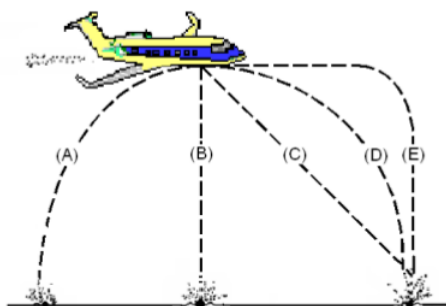
Um participante (12,50%) marcou a opção **d**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Força causa aceleração à velocidade terminal**.

Sobre a resposta de um participante (12,50%) que optou pela **e**, podemos afirmar que está de acordo com os conceitos newtonianos.

Nesta questão, um dos participante respondeu usando conceitos newtonianos. Portanto, a maior parte usou conceitos intuitivos.

**QUESTÃO 12** Um avião em voo horizontal larga um objeto, como mostrado na figura. Qual trajetória, quando vista por um observador situado no chão, mais se aproxima daquela seguida pelo objeto depois de deixar o avião?

A opção **a** foi selecionada por três participantes ( 37,50%), o que indica a influência do conceito intuitivo: **Sistema de referência egocentrado**. Nesse caso, observamos um comportamento inesperado, o objeto que se desloca junto com o avião ao ser lançado passa a se deslocar



no sentido contrário.

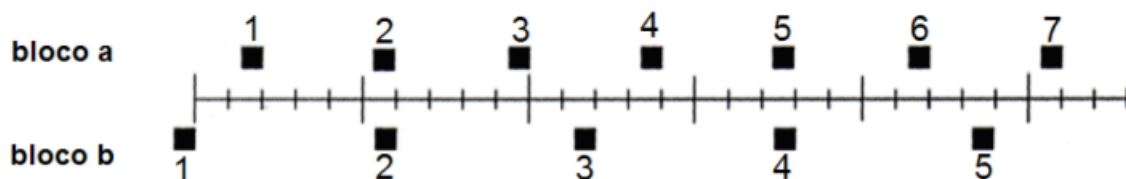
Três participantes (37,50%) marcaram a opção **b**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Sistema de referência egocentrado**<sup>2</sup>.

Sobre a resposta de um participante (12,50%) que optou pela **d**, podemos afirmar que está de acordo com os conceitos newtonianos.

Um percentual de 12,50% que corresponde a um participante escolheu a opção **e**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo **A gravidade atua depois que o ímpetus é gasto**.

Nesta questão, um dos participantes respondeu usando conceitos newtonianos. Portanto, a maior parte usou conceitos intuitivos. A opção **c**, não foi escolhida por nenhum dos participantes.

**QUESTÃO 13** Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:

- A aceleração de “**a**” é maior do que a aceleração de “**b**”;
- A aceleração de “**a**” é igual à aceleração de “**b**”. Ambas são maiores do que zero;
- A aceleração de “**b**” é maior do que a aceleração de “**a**”;
- A aceleração de “**a**” é igual à aceleração de “**b**”. Ambas são zero;
- Não há informação suficiente para responder à pergunta.

<sup>2</sup> Sistema de referência no qual a trajetória do objeto tende a se aproximar do próprio observador.

A opção **a** foi selecionada por um participante ( 12,50%), sendo esta a resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

Três participantes (37,50%) marcaram a opção **b**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Não discriminação entre velocidade e aceleração**

Um percentual de 25,00% que corresponde a dois participantes escolheu a opção **c**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo: **Não discriminação entre velocidade e aceleração**.

Sobre a resposta de um participante (12,50%) que optou pela **d**, podemos afirmar que ela indica a influência do conceito intuitivo: **Não discriminação entre velocidade e aceleração**.

Um participante (12,50%) marcou a opção **e**, indica que o participante não possui conhecimentos prévios adequados em relação aos conceitos de velocidade e aceleração.

Nesta questão, um dos participantes respondeu usando conceitos newtonianos. Portanto, a maior parte usou conceitos intuitivos. Vale ressaltar o indício de que os participantes não possuem subsunçores relacionados aos conceitos de velocidade e aceleração.

**QUESTÃO 14** Na figura abaixo, o estudante “**a**” tem uma massa de 95 kg e o estudante “**b**” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “**a**” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “**b**”, como mostrado na figura. De repente, o estudante “**a**” dá um empurrão com os pés, fazendo com que ambas as cadeiras se movimentem.



Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “**a**” exerce uma força sobre o estudante “**b**”, mas o estudante “**b**” não exerce nenhuma força sobre o estudante “**a**”;

- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força;
- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.

Quatro participantes (50,00%) marcaram a opção **b**, o que indica a influência do conceito intuitivo: **Somente agente ativo exerce força.**

Um participante (12,50%) marcou a opção **c**, que apresenta ideias contraintuitivas, já que o estudante "b" não é um agente ativo e nem tem maior massa. Pois, esses conceitos intuitivos indicariam aplicação de força e maior força, respectivamente.

Um percentual de 25,00% que corresponde a dois participantes escolheu a opção **d**. Esta opção indica a presença do conceito intuitivo: **O agente mais ativo produz a maior força.**

A opção **e** foi selecionada por um participante (12,50%), sendo esta a resposta esperada de acordo com os conceitos newtonianos.

No geral, após esta análise individual das questões, podemos inferir que os conceitos intuitivos continuaram prevalecendo, mas percebemos mudanças pontuais onde os participantes passaram a usar conceitos newtonianos.

## 6.2.2 Análise das Respostas dos Participantes ao Pós-teste Agrupadas a Partir de Temas Relacionados às Leis de Newton

Agora, após a análise de cada questão do pós-teste, faremos considerações sobre os conhecimentos dos participantes posteriores à aplicação da sequência didática que foram detectados, mas agora agrupando as questões de acordo com o principal conceito newtoniano abordado em cada uma delas, conforme consta no quadro 1

**No primeiro grupo temos as questões 01, 12 e 13, que abordam conceitos de cinemática:**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a cinemática, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo desenvolveram aprendizagens significativas relativas a este tema.

Na questão 01 (um), constatamos que mais de um terço dos participantes perceberam

que o tempo de queda das esferas é aproximadamente o mesmo. Todavia, a metade deles continuam achando que um corpo mais pesado (maior massa) adquire maior aceleração ao cair. E ainda um participante que considera que a esfera mais leve (menor massa) é a que cai mais rápido.

Nas questões que abordam o tema queda livre constatamos que no pré-teste quase todas as respostas dos participantes foram influenciadas pelo conceito intuitivo: **objetos pesados caem mais rápido**. A opção que continha a resposta fundamentada no conhecimento científico não foi marcada por nenhum dos participantes. No pós-teste, metade dos participantes continuaram usando a ideia do conceito intuitivo "objetos pesados caem mais rápido". Entretanto, mais de um terço dos participantes indicaram que as esferas chegariam ao solo em tempos iguais. Portanto, constatamos uma mudança nas respostas em favor do conhecimento científico.

Na questão doze 12 (doze), o conceito intuitivo que predominou nas respostas foi: **Sistema de referência egocentrado**. Este conceito intuitivo se caracteriza pela preferência da trajetória que se aproxime do observador. Nesta questão, um dos participantes percebeu que a trajetória do objeto largado do avião, em relação ao solo, seria a composição do movimento vertical com o horizontal.

Entretanto, a quase totalidade dos participantes utilizou conceitos não newtonianos, sendo que uma parte deles considerou que o objeto teria um movimento horizontal no sentido contrário ao do avião, enquanto a outra parte considerou que o objeto não teria movimento na horizontal.

Da mesma forma que aconteceu na questão 10 (dez) do pré-teste que aborda o mesmo tema, apenas 01 (um) participante (12,5% percento) indicou utilizar conceitos newtonianos para responder a questão. Portanto, não houve um avanço perceptível em relação uma aprendizagem significativa.

Na questão 13 (treze), apenas um dos participantes sinalizou que fez a utilização correta dos conceitos de aceleração e velocidade. Porém, quase a totalidade dos participantes não possuem os conceitos de velocidade e aceleração organizados na estrutura cognitiva. Assim, em relação ao pré-teste não foi detectado uma evolução conceitual, pois os participantes continuaram apresentando dificuldades em relação aos conceitos de velocidade e aceleração.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. objetos pesados caem mais rápido (2);

2. sistema de referência egocentrado (2);
3. a gravidade atua depois que o ímpetus é gasto (1);
4. não discriminação entre velocidade e aceleração (3).

**Portanto, sobre a cinemática podemos destacar:**

Podemos constatar sinais pontuais de aprendizagens significativas, por exemplo, mais de um terço dos participantes perceberam que o tempo de queda das esferas é aproximadamente o mesmo, apresentando uma evolução conceitual em relação a este tema.

Entretanto, em relação aos outros temas de cinemática abordados, constatamos resultados semelhantes nos dois testes, pois ainda perduraram as dificuldades com os conceitos de velocidade e aceleração.

Portanto, podemos constatar que nos temas relacionados à cinemática os conceitos intuitivos continuam prevalecendo sobre os conceitos newtonianos.

**No segundo grupo estão as questões 04, 08, 09 e 10 que tratam da Primeira Lei de Newton;**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Primeira Lei de Newton, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo desenvolveram aprendizagens significativas relativas a este tema.

Na questão 04 (quatro), um quarto dos participantes sinalizaram que a esfera passa a descrever uma trajetória reta tangente a curva no ponto onde ocorreu o rompimento da corda. Porém, três quartos dos participantes indicaram que após o rompimento da corda a esfera continuaria em trajetória curvilínea e somente depois da dissipação do ímpetus circular ela seguiria em linha reta. Portanto, os conceitos newtonianos estão sendo utilizados, mas os conceitos intuitivos ainda prevalecem para a maioria dos participantes.

Na questão 08 (oito), mais da metade dos participantes consideraram que a trajetória do disco voador é curvilínea, mesmo com a informação que a força sobre o disco voador é zero. Além disso, podemos inferir que 03 (três) participantes consideraram a ação de duas forças, após o motor do disco ser desligado, uma na direção da linha "ab" e outra perpendicular a ela. Portanto, nesta questão, os participantes continuaram utilizando os conceitos intuitivos e não associaram o fenômeno com a Primeira Lei de Newton.

A questão 09 (nove), a metade dos participantes considerou que a velocidade do disco

voador vai continuamente diminuindo, o que indica a utilização do conceito intuitivo **dissipação do ímpetus**. Nesta questão, todos os participantes usaram os conceitos intuitivos, eles não conseguiram relacionar este fenômeno com a Primeira Lei de Newton.

Nesta questão 10 (dez), mais de um terço dos participantes perceberam que sendo a velocidade constante a força resultante sobre a caixa teria que ser nula, conforme a Primeira Lei de Newton. Entretanto, metade dos participantes consideraram que a força aplicada na caixa deve ser maior que a resistência ao movimento, pois a caixa está se movendo.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. ímpetus circular (1);
2. a combinação de forças determina o movimento (1);
3. dissipação do ímpetus (3);
4. acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus (1);

**Portanto, sobre a Primeira Lei de Newton, podemos destacar:**

Um quarto dos participantes indicaram corretamente a trajetória da esfera após o rompimento da corda. E mais de um terço dos participantes sinalizaram que perceberam a relação entre a força resultante nula que atua sobre caixa e a velocidade constante dela.

Entretanto, nestas questões sobre a Primeira Lei de Newton, o que continuou prevalecendo foram os conceitos intuitivos dos participantes.

**No terceiro grupo estão as questões 03, 05, 06, 07 e 11 que versam sobre a Segunda Lei de Newton;**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Segunda Lei de Newton, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo desenvolveram aprendizagens significativas relativas a este tema.

Na questão 03 (três), mais de um terço dos participantes perceberam que a raquete só aplica força na bola enquanto está em contato com ela. Porém, contrariando os conceitos newtonianos, a metade dos participantes considera que se um corpo está em movimento é porque existe uma força atuando nele.

Na questão 05 (cinco), mais de um terço dos participantes descartaram a exigência de uma força atuando no sentido do movimento e também a atuação da força centrífuga, que é uma força não newtoniana. Todavia, mais de um terço dos participantes considerou necessária a



existência de uma força no sentido do movimento e um quarto considerou válida a atuação da força centrífuga.

Na questão 06 (seis), um participante percebeu que a trajetória seria a composição de dois movimentos um com velocidade constante na direção da linha "ab" e outro com aceleração constante perpendicular a ela. Entretanto, quase a totalidade dos participantes não relacionou o movimento do disco voador perpendicular à linha "ab" com a Segunda Lei de Newton.

Na questão 07 (sete), metade dos participantes sinalizaram que se uma força constante atua no disco voador a velocidade dele aumentará continuamente, em conformidade com a Segunda Lei de Newton. A outra metade dos participantes, usou conceitos intuitivos que produzem resultados esdrúxulos, tais como: força que produz uma aceleração que atua no sentido contrário ao da força; força que produz variação da velocidade, mas só até um valor limite.

Na questão 11 (onze), apenas um participante sinalizou que a força é proporcional à aceleração e não à velocidade. Entretanto, quase a totalidade dos participantes usaram conceitos intuitivos, tal que dobrando o valor da força, a velocidade, dependendo do caso, poderá: dobrar de valor; ficar constante; ou crescer inicialmente e depois ficar constante.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. Obstáculos não exercem força (1);
2. Necessidade de uma força para haver movimento (2);
3. Movimento implica em força ativa (1);
4. Força centrífuga (1);
5. A última força que atua determina o movimento (1);
6. A combinação das forças determina o movimento (1);
7. Acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus (2);
8. Desgaste da força ativa (1);
9. Força causa aceleração à velocidade terminal (2);
10. Resistência que se opõe à força/ímpetu (1);

**Portanto, sobre a Segunda Lei de Newton, podemos destacar:**

Mais de um terço dos participantes indicaram corretamente que a raquete só aplica força na bola enquanto está em contato com ela. Portanto, detectamos um melhor desempenho dos participantes na identificação das forças que atuam em um corpo, que é um passo importante

para aplicação da Segunda Lei de Newton.

Em torno de um terço dos participantes perceberam que não é necessário uma força atuando no sentido do movimento e também descartaram a atuação da força centrífuga, que não é uma força newtoniana. Ademais, verificamos que metade dos participantes sinalizaram que uma força constante produz o aumento contínuo da velocidade, o que está em conformidade com a Segunda Lei de Newton.

Portanto, constatamos uma evolução conceitual em relação aos fenômenos relacionados à Segunda Lei de Newton.

#### **No quarto grupo estão as questões 02 e 14 que se referem à Terceira Lei de Newton.**

Neste grupo de questões, que têm como tema principal a Terceira Lei de Newton, procuramos verificar se os participantes do nosso estudo desenvolveram aprendizagens significativas relativas a este tema.

Na questão 02 (dois), a totalidade dos participantes usaram conceitos intuitivos para marcar as opções. Dessa forma, como o caminhão possui maior massa, todos os participantes deduziram que ele aplica maior força.

Na questão 14 (catorze), um participante sinalizou que os dois estudantes exercem forças e que elas possuem mesma intensidade, conforme a Terceira Lei de Newton. Porém, a metade dos participantes consideram que somente o estudante "a" aplica força, pois ele exerce a ação.

Relacionamos a seguir os conceitos intuitivos estabelecidos a partir das respostas e do quadro 2. Entre parênteses consta o número de vezes que o conceito apareceu.

1. ímpetus circular (1);
2. a combinação de forças determina o movimento (1);
3. dissipação do ímpetus (3);
4. Acúmulo gradual ou atrasado de ímpetus (1);

#### **Sobre a Terceira Lei de Newton, podemos destacar:**

Que houve um pequeno avanço, pois devemos levar em conta que os conceitos relacionados à Terceira Lei de Newton são contraintuitivos. Dessa forma, podemos inferir que estes conceitos encontram forte resistência para ser integrados na estrutura cognitiva do participante, pois os conceitos intuitivos relacionados a este tema estão arraigados nela.

### 6.3 Análise da Aplicação da Sequência Didática a partir das Observações Registradas no Diário de Campo

Nesta subseção, analisaremos fatos importantes para nosso estudo que aconteceram durante a aplicação da nossa sequência didática. Iniciamos com a aplicação do pré-teste, em seguida a reprodução de projetos básicos de robótica, a montagem do robô de sumô, o aprimoramento do robô de sumô, aplicação do pós-teste e por último a competição entre os robôs de sumô.

#### 6.3.1 Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste.

Neste primeiro encontro, após apresentação do estudo e o esclarecimentos das dúvidas, ou seja, cumprido todos os trâmites, iniciamos a aplicação do pré-teste.

O pré-teste é composto por quatorze questões relacionadas às Leis de Newton. A dinâmica da aplicação consistiu na distribuição do material impresso do pré-teste pra cada aluno, em seguida fizemos a leitura e a cada questão lida as dúvidas eram esclarecidas e por fim eram concedidos 20 segundos para os alunos escolherem uma das cinco opções. E assim foi feito com cada questão, sendo 50 minutos o tempo total para aplicação do pré-teste.

O participante P09 questionou sobre as esferas da 1ª questão:

P09 - As esferas tão rolando juntas, ou uma vai cair primeiro?

Prof Robson - Sim, elas estão rolando juntas e vão cair ao mesmo tempo. Entretanto, o mais importante nesta questão é levar em consideração que as esferas possuem mesmo tamanho, que uma tem o dobro do peso da outra e que elas se deslocam com a mesma velocidade.

O participante P11 questionou, em relação a questão 2,

P11 - O caminhão está carregado? É pra saber quem é mais pesado!

Prof Robson - A questão não traz esta informação, mas podemos considerar que o peso do caminhão é maior do que o do carro.

O participante P11 argumentou sobre a 5ª questão:

P11 - Nesta situação, se tivesse uma parede o disco ia bater e voltar.

Prof Robson - Sim, provavelmente! Mas nesta questão o disco vai se deslocar sem nenhum obstáculo.

Constatamos, através destes questionamentos realizados por alguns participantes, uma demonstração de interesse em relação ao tema desta atividade. A título de exemplo, colocamos

estes questionamentos, mas durante a aplicação do pré-teste outros foram feitos.

### 6.3.2 Segundo Encontro: Questionário sobre informações dos participantes da pesquisa; apresentação e aplicação do simulador Tinkercad e da placa Arduino.

Neste encontro, preparamos a sala montando o data show e utilizando os dados do celular para fazermos a apresentação do simulador de circuitos elétricos Tinkercad e organizamos os dispositivos eletrônicos para montagem do pisca LED.

Inicialmente, aplicamos um questionário I<sup>3</sup> de múltipla escolha com 05 (cinco) questões sobre informações dos participantes da pesquisa, utilizadas para tomadas de decisões sobre o estudo. Cada aluno recebeu uma cópia escrita do questionário e após as instruções, eles responderam e nos devolveram.

Em seguida, a atividade realizada foi um projeto básico de robótica, que consiste na montagem de um circuito pisca LED utilizando a placa arduino. A turma foi dividida em quatro equipes e cada equipe recebeu uma placa Arduíno, um LED, um resistor de 300 ohms e jumpers ( fios pra fazer a ligação).

Inicialmente, apresentamos o simulador Tinkercad descrevendo como ele pode ser utilizado para criar projetos virtuais de robótica, que posteriormente podem ser montados com dispositivos reais. Nesse momento, o participante P11 fez o seguinte questionamento:

P11 - Posso fazer pelo celular?

Prof - Pode sim. Inclusive preparamos um vídeo<sup>4</sup> pra vocês mostrando os comandos básicos no celular.

Em seguida, apresentamos os dispositivos eletrônicos começando pela placa Arduíno, o LED, o resistor de 300 ohms e os jumpers, descrevendo suas características e a função que cada um desempenha no circuito. Procuramos relacionar estas novas informações com conhecimentos prévios dos participantes, que pudessem ancorar estas novas informações na estrutura cognitiva deles. Assim, podemos relacionar a placa Arduíno com um computador que tem apenas a funções básicas. Já o resistor, alertando para a diferença de potência, comparamos com a resistência do ferro de passar ou da chapinha. E o LED, que fizemos a relação com as lâmpadas que hoje utilizamos para iluminação de nossas casas.

A dinâmica da atividade consistiu na montagem do circuito virtual, que fizemos utili-

<sup>3</sup> O questionário I consta no Apêndice B do nosso produto educacional.

<sup>4</sup> Vídeo disponível no Youtube através do link:<https://youtu.be/CXnJy3hZFRc>

zando o simulador Tinkercad, apresentação aos participantes através do data show e ao mesmo tempo, os participantes faziam a montagem do circuito com os dispositivos eletrônicos reais.

A equipe formada pelos participantes P01, P06 e P07, nos chamou para verificar se a montagem do circuito deles estava correta. Ao observarmos o circuito, verificamos que eles tinham feito a montagem sem usar os jumpers e algumas conexões não estavam conforme o esquema projetado no quadro branco de forma bem visível. Em seguida, olhamos os circuitos das outras equipes e constatamos que todas tinham feito de forma parecida.

Portanto, podemos supor que o material apresentado não se relacionou de forma substantiva e não-arbitrária com a estrutura cognitiva dos participantes. Sobre a natureza do material potencialmente significativo, Moreira e Masine (1982, p. 14) afirma que, "[...]deve ser 'logicamente significativa', i.e., suficientemente não-arbitrária e não-aleatória em si, de modo que possa ser relacionada, de forma substantiva e não-arbitrária, as ideias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender".

Assim, percebemos que não ficou claro para eles que as linhas do circuito virtual, que conectavam os dispositivos eletrônicos à placa Arduíno representavam os jumpers (fios) do circuito real. Após mostrarmos na prática como as conexões deveriam ser feitas, eles conseguiram montar o circuito. A partir deste momento, acompanhávamos cada passo dos participantes, orientando quando solicitados por eles ou quando percebíamos que era necessário. Nessas ações, contamos com a contribuição do professor titular da turma.

O código foi criado usando a programação em blocos do Tinkercad. Assim, montamos a programação comentando a lógica da escolha de cada bloco. Os comandos deveriam fazer o LED permanecer piscando, de tal forma que, ficasse aceso por 1,0 segundos e apagado por 1,0 segundos. Em seguida cada equipe trouxe seu projeto e foi carregado o programa na placa. Em todas elas o LED piscou conforme estávamos esperando. Alguns participantes reagiram:

P06 - Uhooo! Piscou direitinho!

Os alunos demonstraram gostar da prática, participando, tirando dúvidas, as equipes conversando procuravam resolver os problemas e alguns vibraram quando o LED piscou conforme o esperado.

### 6.3.3 Terceiro Encontro: Texto sobre a Primeira Lei de Newton; Formação das equipes; Organizador prévio.

Neste encontro, trabalhamos o texto Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia), que é um **material potencialmente significativo** retirado do livro “Isaac Newton e sua maçã” de Poskitt (2001). O texto foi enviado para os alunos por e-mail e whatsapp, para que eles pudessem fazer uma leitura antecipada. Na aula, após a distribuição de uma cópia do texto pra cada aluno, iniciamos a leitura e discussão do texto.

Verificamos através de questionamentos, que a maioria não fez a leitura antecipada. Tínhamos informado a eles que o texto era leve e descontraído, que era uma leitura fácil.

Prof - Quem fez a leitura do texto?

Apenas os participantes P06 e P11 confirmaram que tinham lido o texto. Então, questionamos para os outros participantes, mas somente alguns se manifestaram.

Prof - Quem mais fez a leitura? Qual foi a dificuldade que vocês encontraram?

P03 - Eu tô sem celular!

P10 - Eu tava sem internet!

Constatamos que esta dificuldade dos alunos para ter acesso as atividades através dos meios eletrônico, se repetiu em outras ocasiões. Dessa forma, fizemos uma atividade de leitura do texto. Pedimos para que um iniciasse a leitura do texto até concluir o primeiro parágrafo e em seguida a cada leitura fizemos a discussão. A participante P06, imediatamente, se prontificou a fazer a primeira leitura.

Após a leitura, fiz comentários e perguntei se tinham dúvidas. Ninguém se manifestou. Aparentemente, para eles pareceu óbvio que um corpo parado só entra em movimento se ele for empurrado ou puxado, ou seja, se uma força atuar sobre ele.

O participante P11 se ofereceu pra fazer a leitura do segundo parágrafo. Após a leitura fiz os comentários e perguntei se tinham dúvidas.

P06 - Professor, quer dizer que um objeto pode ficar indo todo tempo e não para nunca?

Confirmei pro participante e acrescentei que a Primeira Lei de Newton previa este fenômeno.

A turma pareceu não concordar com esta última afirmativa, mas não fizeram mais questionamentos. O restante da leitura do texto foi feita pelos participantes P09, P04 e novamente, P06 e P11, sem haver questionamentos por parte dos participantes. Este comportamento resignado

com participação e contribuições somente de alguns participantes, nos levaram a preparar um vídeo com a leitura e comentários deste texto, que posteriormente enviamos pra eles.

Após a discussão do texto fizemos a formação das equipes. Foram formadas quatro equipes com 4 ou 3 componentes, que a partir desse momento permanecerão até o final da aplicação do produto. A seguir, apresenta-se a relação das equipes e os seus respectivos componentes:

**Equipe 1** - P03, P04, P08 e P12;

**Equipe 2** - P07 e P10;

**Equipe 3** - P02, P06 e P11;

**Equipe 4** - P01, P05 e P09.

Infelizmente, posteriormente tivemos dificuldades com a formação da equipe 2 (dois). Um dos participantes por questões pessoais resolveu não participar mais e outro que por questão de saúde passou a frequentar a escola de forma esporádica. Os participantes que continuaram na equipe ficaram desmotivados, começaram a faltar e não conseguiram realizar as atividades a contento.

E por fim, apresentou-se um vídeo com todas as fases do jogo Newtônia, que está sendo usado como organizador prévio. Moreira (1999, p. 155), fundamentado em Ausubel, afirma que a atribuição mais importante do organizador prévio "[...] é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa [...]".

Os participantes gostaram do jogo e fizeram comentários sobre as situações interessantes que acontecem durante o mesmo. Após mostrar as situações do jogo que estavam relacionados com as questões do pré-teste e os fenômenos físicos ali representados, orientamos os alunos a acessarem o blog [www.fisicagames.com.br](http://www.fisicagames.com.br) e jogarem o jogo observando aquelas situações que comentamos em sala. Posteriormente, enviamos um questionário III<sup>5</sup> através do google forms explorando estas situações do jogo Newtônia, enfatizando os fenômenos que havíamos apresentado.

#### 6.3.4 Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos.

Neste encontro, as equipes que foram formadas no encontro anterior, montaram o circuito de um semáforo. Um vídeo foi enviado para eles mostrando o passo a passo da

<sup>5</sup> O questionário III consta no Apêndice D do nosso produto educacional

montagem do circuito utilizando o simulador Tinkercad.

O participante P04 declarou que não conseguiu entender as instruções do vídeo. Então, esclareci que durante a prática teríamos novamente a oportunidade de tirar as dúvidas, só que agora com os dispositivos tangíveis. Em seguida, distribuímos os dispositivos para a montagem do semáforo. Pra cada equipe foi entregue uma placa arduino, uma protoboard (placa de ensaio), três LEDs (vermelho, amarelo e verde), três resistores de 330 ohms e conexões (jumpers).

Usando o data show e utilizando os dados móveis do celular para acessar o site do Tinkercad, fizemos o passo a passo da montagem do circuito através do simulador. Dessa forma, os participantes acompanhavam e montavam o semáforo com os dispositivos reais, este foi o procedimento que usamos na maioria dos encontros. Como percebemos que eles ainda estavam com dificuldades, explicamos novamente como devem ser feitas as conexões na protoboard e como conectar os LEDs.

A medida que as dúvidas surgiam, íamos até as equipes para elucidá-las com relação a montagem do circuito. Constatamos que os participantes tiveram dificuldades com a montagem do circuito, por exemplo, na utilização da protoboard.

No vídeo, também mostramos a elaboração do código de programação utilizando blocos, que automaticamente gera o código de programação em texto, o qual explicamos linha por linha. Em seguida, fizemos a simulação do semáforo e verificamos que estava funcionando conforme esperado.

Somente duas equipes testaram a montagem do circuito, porque chegamos ao término da aula e alguns participantes teriam que pegar o ônibus. Assim, a equipe 3 (P02, P06 e P11) e a equipe 4 (P01, P05 e P09), ficaram pra testar os circuitos e os resultados foram conforme esperado.

Então, acessei o IDE<sup>6</sup> do Arduino para inserir o programa.

Prof Robson - Pronto, agora vamos conectar o cabo pra carregar o sketch na placa!

P06 - Já conectei!

Prof Robson - Muito bem!!

P01 - Tô ansiosa, será que vai dar certo?

Acionamos os comandos pra carregar o sketch na placa arduino, em seguida o primeiro LED acendeu.

---

<sup>6</sup> IDE - Integrated Development Environment, que em português significa: Ambiente de Desenvolvimento Integrado. Ou seja, é o ambiente onde é feita a programação (sketch) para a placa Arduino



P06 - Uhuuuuu! - batendo palmas.

P01 - Uhuuuu!

Demonstraram muito entusiasmo com a atividade, evidenciando que isso pode despertar no participante o interesse de aprender de forma significativa. Como afirma Moreira (2012, p. 8): "Essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender".

Vale ressaltar que o fator tempo influenciou decisivamente nesta atividade. Portanto, se tivéssemos um pouco mais de tempo, poderíamos obter um resultado melhor através da interação de todos os participantes.

#### 6.3.5 Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença (1ª Parte).

As aulas na escola estavam acontecendo de forma híbrida. Além disso, as turmas foram divididas para reduzir aglomerações em virtude da pandemia de Covid-19. Assim, a metade da turma assistia aulas presenciais e a outra fazia atividades remotas. Na semana seguinte era feita a inversão.

Nesta data<sup>7</sup>, as aulas voltaram a ser presenciais e com a turma completa. Como nosso estudo estava sendo realizado apenas com metade da turma, então propomos à Gestora da escola e ao professor titular da turma para realizarmos as atividades em outro espaço da escola. Eles concordaram e a gestora se comprometeu em providenciar o local.

Neste encontro, a atividade é a montagem de um alarme de presença. Para isso, fizemos um vídeo mostrando todos os passos desta atividade e enviamos antecipadamente para os participantes.

Inicialmente, distribuimos os seguintes dispositivos para as equipes: uma placa arduino, um sensor ultrassônico, uma protoboard e os jumpers para fazer as ligações.

A medida que fazíamos a montagem do circuito virtualmente<sup>8</sup> e explicávamos o funcionamento de cada elemento do circuito, as equipes fizeram o mesmo circuito com os dispositivos tangíveis. Os participantes tiveram dificuldades na conexão dos fios nos terminais do sensor ultrassônico e com a protoboard.

---

<sup>7</sup> As aulas voltaram a acontecer com a turma completa no dia 19 de outubro de 2021.

<sup>8</sup> A apresentação usando o data show

Figura 20 – Montagem do alarme de presença.



Fonte:Próprio autor (2021).

Devido ao tempo reduzido e as dificuldades para fazer a montagem do circuito, não foi possível concluir esta atividade. Portanto, fizemos uma adaptação no plano e retomamos esta atividade no encontro seguinte.

#### 6.3.6 Sexto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença (2ª Parte).

Neste encontro, retomamos a montagem do alarme de presença do ponto onde paramos. Projetamos a imagem do esquema da montagem no quadro branco e orientamos como proceder as conexões dos dispositivos. Os participantes P09 e o P01 questionaram sobre a identificação dos terminais do buzzer. Então, fizemos a ampliação da imagem do circuito montado no tinkercad e foi possível visualizar o sinal (+) que identifica o terminal positivo do buzzer.

Quando todos finalizaram a montagem do circuito, eles levaram o circuito até a mesa onde estava o notebook para carregar o sketch na placa, usando o IDE do Arduino (software). Os participantes P02, P06 e P11 da equipe 3 testaram e funcionou. Ao se aproximar e ouvir o alarme apitar, o participante P06 reagiu assim:

P06 – Olha que incrível!! Fui eu que fiz!

P11 – A gente fez !!

Os participantes P03, P04, P08 e P12 da equipe 1, ao ligar o alarme de presença não funcionou. Olhamos e percebemos que na ligação do sensor ultrassônico estava incorreta. Nós os orientamos como fazer as ligações, mas o tempo não foi suficiente.

O participante P10 da equipe 2 fez a ligação e sobrou um fio. Estava faltando a conexão do terminal negativo do buzzer. O participante fez a ligação e o circuito funcionou. Os participantes P09 e P05 da equipe 4 montaram o circuito e o alarme ficou tocando de forma

Figura 21 – Testando o alarme de presença.



Fonte:Próprio autor (2021).

contínua. Posteriormente, verificamos que a ligação estava correta, pois substituímos o buzzer e o alarme funcionou como esperado. Os participantes tiveram maiores dificuldades nesta atividade, possivelmente pelo maior número de dispositivos envolvidos.

#### 6.3.7 Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte).

Neste encontro, iniciamos a montagem do robô de sumô<sup>9</sup>. Montamos a base de MDF, as duas rodas traseiras, uma esfera deslizante, três sensores infravermelho e uma ponte H. A dinâmica dessa atividade foi a seguinte: após distribuir os dispositivos para cada equipe, passamos as instruções da instalação do primeiro componente do robô de sumô e a medida que eles terminavam de montar, orientávamos a instalação do próximo.

Com o intuito de abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton, falamos sobre a

<sup>9</sup> Os detalhes desta montagem consta no anexo F do produto educacional

função de cada dispositivo e o que poderíamos fazer para melhorar o desempenho deles a partir das Leis de Newton, que tinham sido apresentadas através de vídeos enviados para eles.

Expliquei o funcionamento do dispositivo ponte H e dos sensores infravermelho para os participantes P02, P06 e P11 da equipe 3.

Figura 22 – Montagem do robô de sumô.



Fonte:Próprio autor (2021).

Explicamos que a ponte H controla o sentido de rotação dos motores, fundamental para realizar as manobras do robô. Descrevemos as manobras usando os conceitos de força, aceleração, atrito e velocidade, fundamentado nas Leis de Newton.

A roda ao girar em contato com o dojô, empurra a superfície do dojô pra trás e a superfície empurra o robô pra frente. Esta força é que acelera o robô, conforme descreve a Segunda Lei de Newton. Expliquei, também, que o controle da velocidade é feita através dos comandos do código de programação. Repeti estas explicações para as outras equipes.

Eles encontraram algumas dificuldades para montar os dispositivos no chassi do robô de sumô, mas ao final as três equipes conseguiram finalizar a montagem a contento. Estas dificuldades na manipulação de parafusos e encaixes já eram esperadas, visto que a maioria deles não tinha realizado esse tipo de atividade.

Falei pra eles sobre as modificações que eles vão poder fazer na estrutura mecânica do robô, usando os conceitos relacionados às Leis de Newton, para melhorar o desempenho dele. O que é melhor para o desempenho do robô, ter maior massa ou menor? O que fazer para melhorar a tração, pensando em termos de atrito entre os pneus e a superfície do dojô? As pilhas adicionais devem ser colocadas na parte mais alta (teto) ou na parte mais baixa (assoalho) do robô? Pedi pra eles pensarem sobre essas possibilidades para melhorar a performance do robô.

Ao final eles identificaram o robô de cada equipe com adesivos e a primeira parte da

montagem foi concluída.

### 6.3.8 Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte)

Dando continuidade a montagem do robô de sumô, projetamos o esquema da montagem na parede. Além disso, foi enviado um vídeo com as orientações, mostrando o passo a passo da montagem.

Inicialmente, distribuimos os robôs para suas respectivas equipes, isso foi possível porque no encontro anterior os robôs tinham sido identificados com adesivos. Além disso, foram entregues jumpers (fios), uma placa Arduino e um sensor ultrassônico para cada equipe.

Foram montados a placa Arduino, o sensor ultrassônico e a ligação dos fios dos motores com a ponte H. No projeto básico era previsto somente duas baterias para todos os dispositivos, mas verificamos que era necessário acrescentar duas baterias exclusivas para os motores. Então, discutimos qual seria o melhor local do chassi do robô para fixar o suporte das baterias. Considerando que quanto mais baixo as baterias fossem colocadas melhor para o equilíbrio do robô. Os alunos foram orientados a pensar em uma solução.

### 6.3.9 Nono Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte)

Neste encontro, demos continuidade nas conexões da ponte H com a placa Arduino. Em seguida, foi feita a ligação do único sensor ultrassônico que o robô possui, que fica localizado na frente e funciona como os olhos do robô. Os terminais trigger e echo do sensor ultrassônico foram conectados e os terminais Vcc e GND que devem ser ligados às baterias ficaram pra ser conectados por último.

Depois do sensor ultrassônico, chegou a vez dos três sensores infravermelhos. Dois localizados na dianteira e outro na traseira. Finalmente, as conexões das duas fontes de energia (baterias), uma exclusiva para os motores e outra para o restante dos dispositivos (placa do arduino, sensores e resistor).

Então, descrevi o funcionamento dos sensores, da ponte H e a necessidade de uma fonte exclusiva para os motores, que não existia no projeto básico. Voltamos a falar sobre o melhor local para colocar o suporte de baterias e chegamos a conclusão que no assoalho do robô seria o melhor lugar, pois o centro de gravidade do robô ficaria num ponto mais baixo, o que diminuiria a possibilidade do robô capotar.

Figura 23 – Instalação do sensor ultrassônico do robô de sumô.



Fonte:Próprio autor (2021).

#### 6.3.10 Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte).

Neste encontro colocamos os robôs pra funcionar. Cada equipe pegou seu robô e em um tecido da cor preta colocado no chão, o robô de sumô foi acionado por suas equipes. A placa arduino dos robôs foi carregada com o mesmo sketch, então eles farão manobras semelhantes. A ideia é que as equipes montem suas estratégias e nos enviem para fazermos as modificações no sketch (código de programação).

Os participantes colocavam o robô sobre o tecido preto e acionavam o botão de partida que se localiza no teto do robô. Após acionar o botão, o LED incorporado à placa do Arduino pisca por cinco vezes e então o robô inicia os movimentos.

O participante P09 acionou o robô da sua equipe e o robô começou a girar.

P09 – Olha mexeu, tu viu?

O robô saiu do tecido preto e não parou imediatamente. Então, explicamos pra eles que isso acontece por causa da propriedade dos corpos chamada inércia, que já tínhamos estudado no terceiro encontro. Por causa dela o corpo tende a continuar em movimento. Então, mesmo depois de receber a ordem pra parar, o robô não para imediatamente.

Além disso, informamos para os participantes que o nosso robô está na categoria dos que tem massa até 3Kg. Lembramos que a inércia do corpo está relacionada com sua massa, ou seja, quanto maior for a massa de um corpo, maior será a sua inércia. Apresentamos pra eles o seguinte questionamento: qual seria a melhor estratégia, um robô com maior ou menor massa?

P04 - Acho que menor! Ele fica mais rápido!

Expliquei pra eles que menor massa, menor inércia. Nesse caso, seria mais fácil pra colocar o robô em movimento ou para pará-lo. Mas, na hora de empurrar o adversário para fora do dojô, menor massa seria uma vantagem? Vocês já observaram os lutadores de sumô? Para os lutadores é uma vantagem ter maior massa, pensem nisso.

No encerramento do encontro, pedimos para os participantes que escolhessem nomes para os robôs, pois no encontro seguinte iríamos identificar os robôs com os nomes grafados no chassi dos mesmos.

### 6.3.11 Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte)

Neste encontro, tivemos que realizar as atividades no pátio da escola. Fizemos de maneira improvisada, pois o local não apresentava condições razoáveis para a atividade. A situação não ficou favorável, muitos curiosos apareceram e tivemos que ficar controlando. Mas, esta situação mostrou, também, o potencial que o produto tem para despertar a atenção e a curiosidade dos alunos.

Alguns alunos curiosos se aproximaram e perguntaram se iria ter luta de robô, nós respondíamos pra eles, na medida do possível. E outros querendo participar das atividades com robótica.

Aluno 1 – Os robôs vão lutar, é?

Expliquei pra ele que os robôs ainda estavam sendo testados.

Aluno 1 – Ah, professor, porque o senhor não convidou a gente?

Falei pra ele que esta atividade foi planejada só para um grupo de alunos do primeiro ano!

Em seguida, começamos a fazer os testes, primeiramente com o robô da equipe 3 (P02, P06 e P11), seguindo os seguintes passos: posicionar o robô no dojô atrás da linha shikiri<sup>10</sup>; acionar o robô através do botão (pushbutton); o LED incorporado na placa Arduíno deve piscar 5 (cinco) vezes; imediatamente após a quinta piscada, o robô deve iniciar a movimentação. Na primeira tentativa:

Prof Robson – O LED piscou?

P06 – Piscou, não!

Na segunda tentativa, o LED começou a piscar!

P06 – Agora, foi!

---

<sup>10</sup> Shikiri é a linha contida no dojô que sinaliza o posicionamento do robô de sumô antes do início do combate.

O robô começa a se movimentar!

P06 – Ahêêê!

O robô se desloca em linha reta e cai do dojô!

Aluno 1 (curioso) – Tá maluco!!

Aluno 1 (curioso) – Tá desembestado!

P06 – O sensor não tá funcionando!

O participante P06 está se referindo ao sensor infravermelho que deveria detectar a borda branca e o processador deveria mandar o robô parar, só que o robô acabou caindo do dojô!

P06 – É o sensor de movimento, olha! Não pegou, não! O sensor não tá prestando!

Aproveitei este momento pra falar da inércia, explicando que o robô estava em movimento e a tendência dele é continuar em movimento, como nós vimos ao estudar a primeira lei de newton. Nesse caso, foi necessário fazer ajustes.

Após mais algumas tentativas, o robô continuou saindo do dojô! Então, orientei a equipe que se reunisse para discutir como melhorar o desempenho do robô. Para eles fazerem as anotações das dúvidas, das soluções e preparar uma estratégia para o combate.

Na sequência os participantes P03, P04 e P08 da equipe 1 foram testar o robô. O robô estava com um comando para descrever uma trajetória circular e quando localizasse o adversário atacar! O sensor ultrassônico funcionou e conseguiu localizar o adversário e atacou, mas não conseguiu empurrar o adversário para fora do dojô. Perguntei porque não conseguia empurrar o outro?

P08 - Ele tá sem força!

O que podemos fazer pra aumentar a força do robô? Como ninguém respondeu, falei que uma solução seria aumentar a força de tração, melhorando o atrito entre os pneus e a superfície do dojô.

Ademais, o robô ao se aproximar da borda só conseguia parar quando estava em baixa velocidade. Da mesma forma que fizemos com a equipe 3, orientamos esta equipe a discutir o que poderia ser feito pra melhorar o desempenho do robô.

O robô da equipe 4 que é composta pelos participantes P01, P05 e P09, não funcionou. Detectamos problemas na fonte que alimenta os motores. O suporte das baterias estava danificado



e não foi possível testar o robô da equipe.

Ao final, as equipes 1 e 3 entregaram a descrição das estratégias que eles elaboraram para tentar resolver os problemas.

### 6.3.12 Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte)

Quando a turma entrou na sala e viu os robôs, o dojô e tudo organizado, dois participantes gritaram: uhuuuu!!

P06 – Cadê o Cleitin??

Os participantes passaram a chamar os robôs pelos nomes, criando um vínculo com os robôs. O participante P06 levou o robô até dojô para testá-lo. Eu tinha feito as modificações na programação dos robôs, conforme eles haviam pedido. Ao acionar o robô, passou cinco segundos, fez algumas manobras e saiu do dojô!

P06 – ele continua doido!

Orientei o participante pra colocá-lo antes da shikiri. Ela acionou o robô novamente, agora ele fez manobras, mas não saiu do dojô!

P06 – Interessante, ele procurando!!

Nesse momento, aproveitamos para grafar os nomes dos robôs, pra isso utilizamos pincel. A equipe 1 dos participantes P04, P08 e P12 escolheram o nome **Teodoro**; A equipe 2 dos participantes P10 e P07 não escolheram o nome, então colocamos o nome dele de **Raspa**; A equipe 3 dos participantes P02, P06 e P11 batizaram o robô com o nome de **Cleitin**; A equipe 4 dos participantes P01, P05 e P09 colocaram o nome do robô de **Malvadão**.

Após o batismo dos robôs, voltamos aos testes. Colocamos outro robô no dojô para testar o sensor ultrassônico. Para verificar se o robô conseguia localizar o adversário.

P06 – Nossa, o meu perdeu!!

O robô Cleitin da equipe 3 foi empurrado pra fora do dojô. Na sequência foi a vez do robô Malvadão da equipe 4.

P09 – Vai, tá demorando demais!!

O robô ataca mais não tem força pra empurrar o adversário!!

P09 – Vai! Vai!

P06 – Ele tem força até demais!! Quando ele vai de frente, ele vai assim tchuum!!!

P04 – Ôh, virou de carambela!

O robô saiu do dojô e capotou.

Então, pedi pra eles observarem como os robôs estavam se movendo e propusessem modificações tanto na parte mecânica quanto na programação. Vamos fazer isso, fundamentado nas Leis de Newton,

Os participantes P09 da equipe do Malvadão e o P06 da equipe do Cleitin, apresentaram algumas modificações que eles queria fazer na programação dos robôs.

Continuamos os testes, colocando o robô Malvadão da equipe 4 no dojô. Ele localizou o adversário e atacou, mas não conseguiu empurrá-lo para fora do dojô.

P04 – Ele não comeu!

O robô Malvadão ataca novamente e dessa vez empurra o adversário pra fora do dojô!

Prof Robson – Aêh, garoto!

P09 – Isso!!

Em outro round, novamente o robô Malvadão da equipe 4 empurra o robô pra fora do dojô!!

P04 – Ele tem força!!

Aproveitamos este momento, que estávamos falando sobre força, para abordar o tema Segunda Lei de Newton. Dessa forma, explicamos que se aumentarmos a força de tração, a aceleração do robô aumenta na mesma proporção.

Agora, vamos verificar o robô Cleitin da equipe 3, o participante P06 percebeu que ele está atacando com a velocidade baixa e não consegue impulsionar o adversário pra fora do dojô!

Nesse momento falei para eles de uma grandeza chamada momento linear. Mostrei no quadro a equação dessa grandeza e expliquei que para aumentar a intensidade do impulso sobre o adversário, devemos aumentar a intensidade do momento linear. E para aumentar a intensidade do momento linear, devemos aumentar os valores da massa e/ou da velocidade.

P06 – A velocidade dele agora é 150!

Prof Robson – A velocidade máxima que ele pode atingir é de 255 u.V!

P06 – Coloca 250!

Então, discutimos qual seria o melhor valor para a velocidade. Sem esquecer a propriedade de inércia do robô. Então, o participante P06 resolveu colocar 200 u.V.

Prof Robson – Do jeito que a gente programou, ele só ataca se o adversário estiver até a distância de 40 cm! Quando o adversário estiver a mais de 40 cm, o robô vai procurar o adversário!!

Nesse momento, já que estávamos falando de inércia, achamos oportuno fazer um questionamento para os participantes:

Prof Robson – Vocês acham que um objeto pode permanecer se movimentando pra sempre? Ou seja, se um objeto for empurrado e se a partir daí nenhuma força seja aplicada nele, ele vai permanecer em movimento pra sempre?

P06 – Não!!

Prof Robson – E o planeta Terra, tá em movimento?

P06 – Tá!

Prof Robson – E já faz muito tempo!

P06 – Faz muito tempo!

Prof Robson – Em torno de 4 bilhões de anos! Por que ela não parou ainda? Pensem nisso!

P09 – O meu robô tá ótimo, não tá professor?

Prof Robson – Tá bem melhor!!

Encerramos este encontro com esta conversa sobre a propriedade de inércia dos corpos.

### 6.3.13 Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte).

Novamente preparei o local, montei o dojô e coloquei os robôs em cima dele! Desta feita, os participantes já entraram na sala conversando sobre os robôs!

P09 – O professor falou que o meu era o melhor! Né?

Prof Robson – Ele melhorou bastante!

Chegaram e ligaram dois dos robôs, que começaram a se movimentar!

P09 – Vai, empurra menino!!

P09 – Eles tão mais espertos!!

Em seguida, demos continuidade nos testes dos robôs pra verificar o que poderia ser melhorado. Utilizamos o robô Raspa como sparring para testar os outros robôs, já que o Raspa estava quase órfão de equipe.

Prof Robson – Quem vem disputar com o raspa primeiro ?

P09 – Eu! Malvadão contra Raspa!

Após muita vibração dos participantes durante combate de dois rounds. O Raspa levou a melhor, porque o Malvadão por duas vezes saiu do dojô. Expliquei pra eles que a velocidade

com que ele chegava na borda estava alta e os sensores detectavam a borda branca, ele recebia o comando para parar, mas por inércia ele continuava e saía do dojô.

P06 – Agora é a vez do Cleitin!

Prof Robson – Cleitin versus Raspa!

O Raspa faz as manobras em pequenas amplitudes, isso diminui a possibilidade dele sair do dojô. Os robôs não conseguiram localizar um ao outro. Os participantes começam a gritar quando o Cleitin se aproxima da borda, não consegue parar e cai do dojô.

P06 – Ah, Professor, o Cleitin tá doido!

Novamente o Raspa saiu vitorioso, o robô Cleitin apresentou a mesma dificuldade do Malvadão, a velocidade deles ao chegar na borda é relativamente alta, dessa forma, o sensor infravermelho detecta a borda branca, envia a informação para o processador da placa arduino, então o processador executa o comando dado pela programação e manda os motores pararem, mesmo esta informação chegando rápido e os motores parando não é suficiente, porque por inércia o robô continua em frente e sai do dojô.

Prof Robson – Agora é vez do Teodoro. Raspa versus Teodoro.

P08 – Professor o meu só fica rodando!

Prof Robson – Tá certo! E quais são as modificações que vocês querem que sejam feitas?

P08 – Era pra ele ir pra frente depois!

P12 – Depois de dar um 360, aí vai procurar o adversário!! E mudar a velocidade dele!

Prof Robson – Beleza, pois vamos fazer as modificações!!

Os robôs fizeram manobras, mas não conseguiram se localizar. É necessário fazer ajustes na programação do sensor ultrassônico.

P08 – Ele tá lento. A velocidade tá muito baixa!

Malvadão volta combater com o Raspa. Desta vez o Malvadão fez uma manobra e empurrou o Raspa para fora do Dojô. A participante P09 batendo palmas:

P09 – Vai pra frente! Óh! Finalmente, o Malvadão ganhou!!!

A participante P09 fala sobre o Malvadão, robô da equipe dela!

P09 – Ele tá demorando pra procurar!

Prof Robson – E o ataque dele tá muito longo!

A participante P06 ficou curiosa sobre o fato do robô só se movimentar no dojô:

P06 – E ele não anda no chão por que, professor?

P09 – Porque tem que ser escuro o piso!

Prof Robson – Isso! Se o sensor infravermelho detecta a cor preta, o programa dá um comando para o robô procurar ou atacar o adversário. Se ele detectar a cor branca significa que ele está próximo da borda, o programa manda ele se afastar da borda. Agora, quando os três sensores detectam a cor clara do piso, ele tá programado pra parar.

Após os testes fizemos as mudanças na programação no robô Cleitin e no robô Teodoro e eles ficaram de mandar outras modificações pra ser inseridas na programação.

#### 6.3.14 Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte).

Neste encontro, continuaremos os teste para o aprimoramento dos robôs. Esta será a última oportunidade para fazer ajustes nos robôs, pois no encontro seguinte vamos aplicar o pós-teste e no último faremos a competição entre os robôs.

Figura 24 – Testando os robôs de sumô no dojô.



Fonte: Próprio autor (2021).

Começamos os testes novamente. Colocamos os robôs pra disputar contra o Raspa, que estava desempenhando o papel de sparring.

P06 - Professor, o Cleitin vai primeiro!

Na primeira tentativa os robôs se encontraram mas ficaram travados, um não conseguia empurrar o outro.

P04 - Tão sem força!

A luta foi reiniciada. Eles colocaram os robôs em posição e acionaram os botões. Dessa vez, o robô Cleitin se movimentou pra frente e caiu do dojô!

P06 - Ah, professor, toda vez ele vai direto e cai!

Expliquei pra eles que as manobras estão muito longas. Temos que alterar os sketches, modificando a amplitude dos movimentos. Vamos fazer parecido com o do Raspa.

Na tentativa de resolver o problema dos robôs que estavam saindo do dojô, fizemos mudanças no sketch para diminuir a amplitude dos movimentos. Expliquei pra eles que assim iríamos evitar o efeito da inércia nos robôs, pois os movimentos seriam curtos.

Após fazer as mudanças no sketch do robô Cleitin, voltamos a testar no dojô contra o Raspa. Durante os testes, o robô Cleitin melhorou o desempenho, apesar continuar caindo do dojô, só que agora com menos frequência. Por isso, resolvemos fazer as mesmas mudanças nos outros robôs.

Outra mudança foi a colocação ligas de borracha<sup>11</sup> nos pneus do Raspa pra aumentar o atrito entre os pneus e a superfície do dojô, com isso queríamos aumentar a força de tração do robô de sumô.

O participante P12, perguntou pra que servia as ligas no pneu. Expliquei que o objetivo era reduzir a área de contato, isso faz aumentar a pressão dos pneus sobre a superfície e produz um aumento no atrito entre o pneu e a superfície do dojô. E finalmente, um aumento na tração do robô.

### 6.3.15 Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste.

Neste encontro, aplicamos o pós-teste com questões semelhantes as do pré-teste. Explícamos para os participantes que o objetivo era comparar o desempenho deles nos dois testes pra verificar se houve uma evolução conceitual. E que eles deveriam responder de acordo com os

---

<sup>11</sup> Ligas de borracha utilizadas pra prender dinheiro

estudos realizados sobre as Leis de Newton utilizando robôs de sumô. A dinâmica da aplicação do pós-teste foi a mesma utilizada para aplicar o pré-teste.

Após a leitura em voz alta da questão e o esclarecimento de eventuais dúvidas, foi dado um tempo de 20 (vinte) segundos para o participante escolher uma das cinco opções da questão.

Em relação a questão 05, que tem um garoto em um balanço, foram feitos alguns comentários:

Prof Robson - Esta questão do balanço, provavelmente, vocês já vivenciaram esta situação!

P08 - Uma vez eu tava balançando e a corda quebrou, eu caí e bati as costas no chão! Fiquei sem fôlego, mais nunca!

Na questão 09 (nove) a participante P11 questionou o significado de constante, então informei pra ele que é algo que não muda, por exemplo, velocidade constante significa que o valor da velocidade vai permanecer o mesmo.

O participante P01 perguntou se, na questão 12, o ar atrapalhava a queda do objeto. Informamos para o participante que o objeto cai sem resistência do ar, ou seja, o ar não atrapalha a queda do objeto.

Após a finalização das questões, recolhemos os testes e avisamos que no próximo encontro teríamos a competição entre os robôs.

#### 6.3.16 Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô.

Neste último encontro, realizamos a competição entre os robôs de sumô montados e aprimorados durante nosso estudo. Montamos os dojô e delimitamos a área do dojô, área que ninguém pode adentrar durante a disputa dos rounds, isso é feito com o intuito de evitar interferências no funcionamento dos sensores ultrassônicos. Preparei a tabela da competição no quadro branco, deixando os espaços pra colocar o nome dos robôs, que seriam determinados a partir de sorteio.

Quando os participantes chegaram na sala ficaram curiosos em relação a área do dojô.

P09 - E o que é essas linhas aqui?

Prof Robson - Durante os rounds ninguém pode ultrapassar estas linhas. Isso evita que haja interferência nos sensores.

Com os participantes presentes, passamos as orientações, falamos da área do dojô, das regras da competição e que arbitraríamos as lutas e qualquer questão não prevista nós

decidiríamos. Dito isto, iniciamos com o sorteio das lutas. O participante P06 se colocou a disposição para organizar e realizar o sorteio. O participante colocou o nome dos robôs em quatro papezinhos: Malvadão, Teodoro, Cleitin e Raspa. O participante P04 retirou o primeiro papelzinho. Após todos os sorteios, os combates serão disputados por:

Prof Robson - Então, ficou definido: Malvadão versus Raspa e Teodoro versus Cleitin.

Chamamos os representantes das equipes dos robôs Malvadão e Raspa para a área do dojô com seus respectivos robôs. Apresentaram-se os participantes P09 da equipe do robô Malvadão e o P10 da equipe do Raspa. Passei as últimas instruções para eles, também orientei que ao meu comando era pra eles acionarem os robôs através do botão e que em seguida saíssem da área do dojô.

Prof Robson - Comecem a batalha!

Os dois participantes acionaram os botões e saíram da área do dojô. Após cinco segundos os robôs começaram a se movimentar. O robô Malvadão localizou o robô Raspa e foi na direção dele, empurrou na lateral do Raspa, mas não conseguiu movê-lo e os dois ficaram travados.

P11 - Vai lá e separa!

P06 - Não pode!

P08 - A bateria vai descarregar!

P03 - É o pneu que tá travado!

Prof Robson - Por falta de ação dos dois adversários, vamos interromper a luta e considerar empate o primeiro round.

Preparamos para o segundo round entre Malvadão e Raspa. Com os participantes em posição para acionar:

Prof Robson - Um, dois, três, três e meio...já!

Novamente os dois participantes acionam os robôs e saem da área do dojô. Os dois robôs fazem manobras, mas não se detectam. O robô Malvadão se movimenta rápido e acaba caindo do dojô. Os participantes vibram e batem palmas.

P06 - Uuuh! Um pontinho pro Raspa!

Prof Robson - Terceiro round pra definir o vencedor!

Os participantes se preparam novamente.

Prof Robson - Estão prontos? Um, dois, três, três e meio...já!



Os robôs começam a movimentação e novamente o malvadão, que parece não ter nada de malvado, sai do dojô. O Raspa foi o vencedor da primeira batalha.

Em seguida, chamamos os representantes das equipes dos robôs Cleitin e Teodoro para a área do dojô. Os participantes P06 e P12 se apresentaram para acompanhar os robôs Cleitin e Teodoro, respectivamente.

Prof Robson - Estão prontos? Um, dois, três, três e meio...já!

Os participantes acionaram os robôs e saíram da área do dojô.

P06 - Vai Cleitin!! Bora meu fie, agiliza!

Enquanto o robô Teodoro está lento, o robô Cleitin está fazendo várias manobras. Os participantes gritam torcendo pelo robô Cleitin. Ele vai na direção do robô Teodoro, bate de raspão nele e acaba caindo do dojô. Então, ponto para Teodoro no primeiro round.

Após o primeiro round, o robô Teodoro não estava ligando. Verificamos as conexões e descobrimos que um fio tinha desconectado. Refizemos a ligação com ajuda do participante P06, que mesmo sendo da equipe adversária, ajudou no conserto.

Depois do conserto do robô Teodoro, demos continuidade ao combate com o início do segundo round entre o robô Cleitin e o robô Teodoro.

Prof Robson - Vamos para o segundo round, Cleitin versus Teodoro. Um, dois, três, três e meio...já!

Os robôs se localizaram e foram pro ataque, ocorre choque frontal, Cleitin sobe na rampa do Teodoro. Os participantes gritam cada um torcendo por seu robô. O robô Teodoro empurra Cleitin, que acaba caindo do dojô. Vitória do Robô Teodoro.

P06 - O Cleitin lutou bem!

A grande final da competição de robôs de sumô será: Raspa versus Teodoro. As equipes colocaram os robôs em posição. Agora, acompanhando o robô Teodoro está o participante P08 e o robô Raspa continua acompanhado pelo participante P10.

Prof Robson - Vamos para o primeiro round da grande final, Raspa versus Teodoro. Preparados? Um, dois, três, três e meio...já!

P06 - Raspa! Raspa! Raspa!

Os robôs foram para o ataque, depois de uma batida forte, o Raspa foi jogado pra fora do dojô e o robô Teodoro ganhou o primeiro round da final. A batida foi forte que arrancou a rampa frontal do Raspa. Os participantes se empolgaram e gritaram na hora do ataque.

Após a recolocação da peça frontal do Raspa, as equipes se preparam para o segundo

round. Novamente os participantes P08 e P10 estão acompanhando os robôs Teodoro e Raspa, respectivamente.

Prof Robson - Segundo round da grande final, Raspa versus Teodoro. Um, dois, três, três e meio...já!

Dessa vez, Raspa foi pra cima do Teodoro. Mas, o Raspa errou o alvo passou direto, não conseguiu parar e acabou fora do dojô. Assim, o grande campeão da competição de robôs de sumô é Teodoro. Todos lutaram bem, mas fica uma ressalva, na maior parte das lutas a inércia foi a maior adversária dos nossos robôs.

Após a conclusão da aplicação do nosso produto educacional, agradei a todos os participantes pela colaboração, empenho e dedicação nas nossas atividades. Nos despedimos desejando uns aos outros saúde, felicidades e sucesso em nossas jornadas.

#### **6.4 Predisposição dos Participantes para Aprender de Forma Significativa e o Envolvimento deles nas Atividades**

As condições para que uma aprendizagem seja significativa, essencialmente, são duas: o material utilizado deve ser potencialmente significativo; e a predisposição do participante para aprender de forma significativa. Muitos fatores podem produzir esta predisposição para aprender, não é só uma questão de incentivar o participante para que ele se motive (MOREIRA, 2012).

Em nosso estudo tivemos participantes que desde o início demonstraram interesse, empolgação e se envolveram nas atividades, vamos colocá-los no primeiro grupo. Porém, tivemos outros que não demonstraram empolgação, mas faziam as atividades que lhes eram propostas, estes vão compor o segundo grupo. Um terceiro grupo, não se comprometeram com as atividades, nem mesmo quando eram incentivados a participar, parecendo ter um certo receio de demonstrar interesse. Assim, no primeiro grupo temos os participantes P01, P06, P08, P09 e P11. Nesse grupo, vamos descrever o desempenho do participante P06, que apresenta predisposição para aprender de forma significativa, porque é interessado, solidário e comprometido com as atividades. Podemos exemplificar com alguns momentos em que ele participa das atividades.

Após testar um projeto de robótica e lograr êxito:

P06 - Uhooo! Piscou direitinho!

A forma como o participante se expressa, mostra a satisfação em concluir de forma exitosa uma atividade, deixando claro sua motivação e algo mais importante, uma predisposição

para aprender significativamente.

Além disso, o participante fazia as leituras de textos sobre as Leis de Newton que recomendávamos e se colocava a disposição para contribuir nas atividades. Quando fizemos a leitura do texto sobre a Primeira Lei de Newton e falávamos da inércia dos corpos, o participante questionou:

P06 - Professor, quer dizer que um objeto pode ficar indo todo tempo e não para nunca?

Nesse caso, temos o participante utilizando suas próprias palavras para elaborar a pergunta. Como sabemos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o participante deve querer relacionar uma nova informação de forma substantiva e não-arbitrária com outra já contida na estrutura cognitiva dele. Portanto, quando o participante usa suas próprias palavras pra expressar uma ideia, significa que essa ideia se ligou de forma substantiva à estrutura cognitiva do participante.

No segundo grupo, composto pelos participantes P03, P04, P05, P10 e P12, podemos tomar como exemplo o participante P12, que quando chamado a realizar alguma tarefa ele não se nega a fazê-la, mas não tem o hábito de tomar iniciativas. No trecho abaixo ele fala sobre a estratégia do robô Teodoro.

P12 – Depois de dar um 360, aí vai procurar o adversário!! E mudar a velocidade dele!

Neste grupo, o participante tem que ser incentivado a realizar cada atividade, ou seja, eles possuem potencial para colaborar nas atividades, mas não têm predisposição para aprender de forma significativa. Mas vale ressaltar que, fundamentados em Moreira e Masini (2006), SOUSA *et al.* (2018, p. 31), afirmam:

A predisposição para aprender é estar disposto em relação à aprendizagem, ou seja, é uma decisão do indivíduo que aprende querer relacionar os novos conhecimentos com os prévios, modificando-os e dando significados a eles. Essa decisão é unicamente subjetiva do aluno.

Além disso, temos que considerar a importância da formação da estrutura cognitiva do participante, todos os conceitos, ideias, informações e outros elementos cognitivos que proporcione um interesse em aprender, ou seja, uma predisposição para aprender de forma significativa. A predisposição para aprender significativamente não é forjada simplesmente utilizando materiais potencialmente significativos ou incentivando o participante para que ele aprenda de forma significativa. Nas palavras de Moreira (2012, p. 8),

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos.

No terceiro grupo, formado pelos participantes P02 e P07, temos como representante o participante P02, que tem bom relacionamento com os componentes da equipe, mas não participava efetivamente das atividades. Ademais, as falas dele com os participantes eram sobre temas não relacionados com as atividades, sendo necessário, algumas vezes, a nossa intervenção. Quando incentivado a participar das atividades, na maioria das vezes procurava uma maneira de se esquivar. Dessa forma, neste grupo percebemos que os participantes não possuem predisposição para aprender e não conseguiram se motivar com as atividades de robótica. Com base na visão humanista de Novak<sup>12</sup>, MOREIRA (2006, p. 4) aborda esta temática:

A perspectiva de Novak é que quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área. Mas o corolário disso é que quando a aprendizagem é sempre mecânica o sujeito acaba por desenvolver uma atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à aprendizagem significativa.

Portanto, mesmo sendo a nossa sequência didática um material potencialmente significativo para o estudo das Leis de Newton, isso não garantiu que os participantes aprendessem de forma significativa, pois apenas aqueles que tinham predisposição para aprender é que apresentaram indícios de desenvolvimento de aprendizagem significativa.

---

<sup>12</sup> Joseph Donald Novak (1932), é um educador americano, professor emérito da Universidade de Cornell e pesquisador que deu continuidade ao desenvolvimento da Teoria da Aprendizagem de Ausubel. Conhecido também por ter criado a estrutura esquemática chamada de mapa conceitual.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após longa jornada de estudo, e diante dos desafios que estão sendo impostos a toda humanidade pela pandemia de Covid-19, em que cada um teve sua vida afetada em maior ou menor proporção, é pertinente que deixemos este registro e nossa solidariedade a todos que padecem por causa desta pandemia. Na educação, além dos prejuízos causados diretamente, os efeitos desta tragédia ainda serão percebidos ao longo de muitos anos. Em nosso estudo, tivemos que nos reinventar, buscando novos caminhos para atingir nossos objetivos, adaptando planos, modificando atividades e criando novas possibilidades.

Diante do cenário apresentado, cabe agora apresentar nossas reflexões sobre o que percebemos presencialmente no campo empírico da pesquisa, o que detectamos através dos dados coletados e as nossas novas percepções a respeito do tema proporcionadas pelas teorias que fundamentaram nosso estudo. Assim, o nosso estudo procurou responder o seguinte problema: De que forma a utilização da robótica educacional com Arduíno contribuirá para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio?

Dessa forma, para atacar este problema procuramos fundamentação na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, empregando os conceitos de conhecimentos prévios relevantes (subsunçores), materiais potencialmente significativos, organizador prévio, dentre outros para proporcionar aos participantes do nosso estudo o desenvolvimento de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados às Leis de Newton.

Para estruturar nosso estudo, levando em conta nossa problemática e o embasamento teórico adotado, traçamos nosso objetivo geral: analisar as contribuições da aplicabilidade da robótica educacional com Arduíno para motivação e aprendizagem significativa das Leis de Newton na 1ª série do Ensino Médio. Para alcançarmos o nosso objetivo geral, estabelecemos alguns objetivos específicos, a saber: fazer levantamento dos conhecimentos prévios e dos conceitos intuitivos dos participantes sobre as Leis de Newton; construir projetos básicos usando simulador Tinkercad, montar os circuitos reais e executá-lo através da plataforma Arduino; aprimorar robôs de sumô a partir de um modelo básico e organizar equipes para disputa de batalhas; elaborar e aplicar uma sequência didática enfocando as Leis de Newton a partir de um projeto de aprimoramento de um robô de sumô; verificar de que forma o aprimoramento e a manipulação de robôs de sumô contribuem para a motivação dos alunos e para o processo ensino aprendizagem das Leis de Newton.

Com a intenção de alcançar o primeiro objetivo específico, aplicamos no primeiro

encontro o pré-teste para detectar os conhecimentos prévios e os conceitos intuitivos dos participantes relacionados às Leis de Newton. Verificamos através da análise das respostas que os conhecimentos prévios dos participantes do estudo não se coadunam com os conceitos newtonianos. De modo geral, o que prevalece como conhecimentos prévios dos participantes dos estudo são os conceitos intuitivos. De acordo com FACCHINELLO (2008, p. 9),

A mudança conceitual do conceito intuitivo para o conceito cientificamente aceito é um processo lento e gradativo que pode levar muito mais tempo do que o suposto, considerando a distribuição de conteúdos, ao longo de um ano. O aluno não esquece ou simplesmente substitui seus conceitos intuitivos e, por diversas vezes, mesmo tendo sido trabalhados os conceitos científicos, recorre aqueles para resolver situações-problema nas aulas de Física e no seu cotidiano fora da sala de aula.

Portanto, o fator tempo é fundamental para que ocorra a mudança de conceitos intuitivos para conceitos newtonianos, pois quando os conceitos intuitivos estão arraigados na estrutura cognitiva, como é o caso dos participantes do nosso estudo, somente um trabalho de médio ou longo prazo para obter resultados excelentes.

Com o propósito de familiarizar os participantes com as ferramentas da robótica, como segundo objetivo específico, colocamos a construção de projetos básicos usando simulador Tinkercad, a montagem dos circuitos reais e a execução através da plataforma Arduíno. Estas atividades que originalmente seriam todas desenvolvidas pelos participantes, tiveram que ser adaptadas, devido a redução do tempo dos encontros, que passou de 2 (duas) horas/aula para 1 (uma) hora/aula de tal modo que somente a montagem dos circuitos reais foram realizadas pelos participantes.

Apesar da impossibilidade de realizar as atividades com o simulador Tinkercad e com o software da plataforma Arduíno, os participantes demonstraram grande satisfação na execução das tarefas de montagem dos projetos de robótica, o que evidencia um potencial do nosso produto educacional que ainda pode ser explorado.

Para logramos êxito perante o terceiro objetivo específico, utilizamos quatro kits com dispositivos e peças para montar robôs de sumô e um dojô (ringue) onde foram disputadas as batalhas de sumô de robô. Este objetivo, aprimorar robôs de sumô a partir de um modelo básico e organizar equipes para disputa de batalhas, proporcionou aos participantes a oportunidade de "botar a mão na massa" na montagem do robô de sumô, procurando aprimorá-lo a partir dos conceitos relacionados às Leis de Newton. Percebemos durante estas atividades de montagem

dos robôs, da escolha dos nomes dos robôs, dos testes e das batalhas: atitudes solidárias, trabalho em equipe, espírito de liderança e muito entusiasmo entre os participantes.

Para atingirmos o nosso objetivo geral é necessário uma organização das ações, para isso elaboramos uma Sequência Didática (Produto Educacional), o nosso quarto objetivo específico: Elaborar e aplicar uma sequência didática enfocando as Leis de Newton a partir de um projeto de aprimoramento de um robô de sumô. Dessa forma, a Sequência Didática contempla as atividades desenvolvidas, desde a aplicação do pré-teste até a disputa das batalhas de robôs.

E por fim, o nosso último objetivo específico: verificar de que forma o aprimoramento e a manipulação de robôs de sumô contribuem para a motivação dos alunos e para o processo ensino aprendizagem das Leis de Newton. Para alcançá-lo, analisamos os registros do diário de campo e verificamos que em vários momentos durante a aplicação da Sequência Didática, que boa parte dos participantes demonstraram grande interesse e empolgação ao realizar a atividades, como vimos na subseção 6.3. E para verificar a evolução conceitual dos participantes, aplicamos o pós-teste.

A análise dos resultados indicou algumas dificuldades por parte dos participantes para conseguirem uma evolução conceitual dos conceitos intuitivos para newtonianos. Além disso, em relação ao desenvolvimento da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados às Leis de Newton, consideramos os resultados importantes, mas um pouco abaixo das nossas expectativas. Mas vale ressaltar que conforme FACCHINELLO (2008, p. 9): "A evolução conceitual do conceito intuitivo para o conceito cientificamente aceito é um processo lento e gradativo que poderá levar muito mais tempo do que o suposto, considerando a distribuição de conteúdos, ao longo de um ano". Portanto, consideramos que a superação dessas dificuldades podem ser conseguidas através de ajustes na duração dos encontros e nas condições mínimas necessárias para aplicação deste produto.

Nesse sentido, podemos apontar também as possibilidades do robô de sumô, um material potencialmente significativo, para o estudo das Leis de Newton. Através da análise dos diários de campo, percebemos a enorme quantidade de situações que possibilitam a abordagem dos conceitos relacionados às Leis de Newton. Portanto, estas constatações mostram a capacidade do nosso produto educacional de proporcionar situações de aprendizagem e corroboram com a defesa do grande potencial ainda a ser explorado.

Ademais, entendemos que a Sequência Didática logrou êxito no que diz respeito à motivação desenvolvida pela maioria dos participantes do estudo, pois produziu um forte

impacto motivacional. Dessa forma, o potencial do nosso produto educacional de proporcionar o desenvolvimento da motivação nos participantes, cumpre um papel deveras relevante que é transformar o estudo da física em algo prazeroso, evitando que o aluno crie uma aversão a física logo na primeira série do Ensino Médio.

Além disso, este produto proporciona muitas oportunidades de interação entre professor/alunos e entre os próprios alunos, proporciona o desenvolvimento de habilidades ao trabalharem em equipe buscando solucionar problemas, desenvolvem criatividade, o protagonismo, liderança, empatia, competitividade e aprendizagens sobre temas que de forma direta ou indireta já fazem parte das vidas dos alunos. Dessa forma, o professor tem a oportunidade de melhorar sua relação com os alunos, desconstruindo a imagem de um professor adversário para um professor aliado no desenvolvimento da aprendizagem significativa.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. de S.; MESQUITA, B. D. Robótica educacional como mecanismo À educação profissional e tecnológica ao campo técnico em eletromecânica. In: \_\_\_\_\_. [S. n.], 2021. p. 95. ISBN 978-65-89910-01-5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351380749\\_ROBOTICA\\_EDUCACIONAL\\_COMO\\_MECANISMO\\_A\\_EDUCACAO\\_PROFISSIONAL\\_E\\_TECNOLOGICA\\_AO\\_CAMPO\\_TECNICO\\_EM\\_ELETROMECANICA](https://www.researchgate.net/publication/351380749_ROBOTICA_EDUCACIONAL_COMO_MECANISMO_A_EDUCACAO_PROFISSIONAL_E_TECNOLOGICA_AO_CAMPO_TECNICO_EM_ELETROMECANICA). Acesso em: 06 set. 2021.
- ARDUINO. **O que é o Ardoíno?** 2021. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 23 set. 2021.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003. v. 1993.
- AZEVEDO, S.; AGLAÉ, A.; PITTA, R. Minicurso: Introdução a robótica educacional. **62ª Reunião Anual da SBPC**. Disponível em: < <http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Samuel%20Azevedo.pdf>, 2010. Acesso em: 10 out. 2020.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros passos com Arduino**. 2ª. ed. São Paulo: Novatec, 2015.
- BARDIN, L. **Análise de dados**. . 1ª. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral . 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm). Acesso em: 15 set. 2020.
- BRUTTI, D. S.; COLLETO, N. M.; OLIVEIRA, G. O. D. Influência dos conceitos intuitivos na formação dos conceitos formais, na relação entre movimento e a 2ª lei de newton. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 59 – 79, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- CAMPOS, F. R. **A robótica para uso educacional**. 1ª. ed. São Paulo: Senac, 2019.
- CARVALHO, J. A.; RICCIO, J. G.; GAMA, L. B. Projetos mecânico e lógico para a construção de robô de sumô autônomo . In: Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, 2008. []. Revistas.unifacs, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.

CENTRO DE ENSINO PADRE DELFINO. **PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO**. Timon, 2022.

CHICÓRIA, T.; CAMARGO, S. As concepções espontâneas de força e movimento na formação inicial de professores. In: XIII Congresso Nacional da Educação, 2017, Curitiba, Paraná. EDUCERE, ISSN: 2176-1396, 2017. Disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24609\\_12937.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24609_12937.pdf). Acesso em: 01 fev. 2022.

CHUEKE, G. V.; LIMA, M. C. Pesquisa qualitativa: evolução e critérios. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 11, n. 128, p. 63–69, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/12974>. Acesso em: 23 set. 2020.

ÉVORA, F. Natureza e movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência.**, 2005, v. 15, n. 1, p. 127 – 170, 2005. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/613/491>. Acesso em: 26 abr. 2021.

FACCHINELLO, C. S. **UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17571/000720567.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FERNANDES, S. A. **Um Estudo Sobre a Consistência de Modelos Mentais Sobre Mecânica de Estudantes de Ensino Médio**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese\\_simone\\_aparecida\\_fernandes.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf). Acesso em: 17 fev. 2021.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: Mecânica**. 3ª. ed. São Paulo: Ática, 2016.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HAN, J.; BAO, L.; CHEN, L.; CAI, T.; PI, Y.; ZHOU, S.; TU, Y.; KOENIG, K. Dividing the force concept inventory into two equivalent half-length tests. **Physics The Physics Teacher.**, 2015, v. 11, n. 1, p. 010112.1 – 010112.9, 2015. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.11.010112>. Acesso em: 24 mar.2021.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force concept inventory. **The Physics Teacher.**, 1992, v. 30, p. 141 – 158, 1992. Disponível em: <http://modeling.asu.edu/R&E/FCI.PDF>. Acesso em: 23 mar.2021.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KALIL, F.; HERNANDEZ, H.; ANTUNEZ, M. F.; OLIVEIRA, K.; FERRONATO, N.; SANTOS, M. R. dos. Promovendo a robótica educacional para estudantes do ensino médio público do brasil. **Nuevas Ideas en Informática Educativa - TISE**, v. 9, p. 739–742, 2013. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/739-742.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

LUCIANO, A. P. G. **A Utilização da Robótica Educacional com a Plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física** 2014. 150 f. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4416/1/000215156.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2ª. ed. São Paulo: EPU, 1986.

MARCONI, M. d. A.; LOKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica** . 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

McROBERTS, M. **Arduino básico**. Tradução: Rafael Zanolli. 1ª. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

MEDEIROS, D. Descartes e o fundamento metafísico da inércia natural dos corpos na correspondência com mersenne. **Modernos Contemporâneos - International Journal of Philosophy**., 2018, v. 1, n. 2, p. 70 – 83, 2017. Disponível em: <https://www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/modernoscontemporaneos/article/view/3259/2497>. Acesso em: 23 mai. 2021.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e natureza da ciência no ensino de física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. 2014. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro_DISSERT.pdf). Acesso em: 8 out. 2020.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. d. C. **Análise Textual Discursiva**. 3ª. ed. Ijuí: Unijuí, 2016.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**.. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2006, Madrid, Espanha. [S. n.], 2006. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisocritica.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2022.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**., v. 1, n. 3, p. 25 – 43, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID16/v1\\_n3\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf). Acesso em: 26 set. 2020.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. **Instituto de Física da UFRGS**., 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MOREIRA, M. A.; MASINE, E. F. S. **Aprendizagem Singnificativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORGADO, F.; BARBOSA, N.; LACERDA, N. N. N.; RENAN, M. P. Análise estatística dos testes de progresso focando os cursos de engenharia. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - XL COBENGE, 2012, Belém, Pará, PA, 03 a 06 de setembro., **publisher = X ENPEC, ISSN: 1809-5100, year = 2012, url=http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/102639.pdf, urlaccessdate=4 fev. 2022**. [S. l.: s. n.].

NEVESJÚNIOR, O. d. R. **Desenvolvimento da fluência tecnológica em programa educacional de robótica pedagógica.** 2011. 201 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94846/297746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out. 2021.

NIEDERAUER, G.; CIPRIANI, J.; CARRILHO, D. Desenvolvimento de um robô autônomo para competições de sumô robótico . In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE, 2017. [J. Ijuí - RS: Unijui, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: mecânica.** 5ª. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

OLIVEIRA, J. M. d. S. **A vida das máquinas: o imaginário dos autômatos em O método de Edgar Morin.** 2019. 304 f. Tese (Doutorado em em Cultura, Filosofia e História da Educação) – Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa..** Petrópolis-RJ: Vozes, 2007.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e movimento:** de Thales a Galileu. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Publicação interna, 2015. Disponível em: <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia/textos>. Acesso em: 11 jun. 2021.

POLITO, A. M. M. Galileu, descartes e uma breve história do princípio da inércia. **Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/12624>. Acesso em: 03 maio. 2021.

REZENDE, E. P. de. **A Noção de Inércia em Galileu Galilei.** 2018. 153 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018\\_EvaldoPereiradeRezende.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018_EvaldoPereiradeRezende.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

SILVA, A. F. **RoboEduc:** uma metodologia de aprendizado com robótica educacional. 2009. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15128/1/AlziraFS.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SILVA, B. K. da. **A Relação Força-Movimento em um Contexto Histórico e sob a Análise do PNLD.** 2017. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4403/1/000227224.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SILVA, E. M. **Grupo escolar Padre Delfino (1958-2016):** história e memória. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufpi.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2353/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O\\_\\_ELIS%20c3%82NGELA%20MARIA%20SILVA\\_Final.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufpi.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2353/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O__ELIS%20c3%82NGELA%20MARIA%20SILVA_Final.pdf?sequence=1). Acesso em: 29 nov. 2021.

SOUSA, C. J. d. M. **O arduino e o visual Basic como recursos didáticos na prática experimental para o ensino de eletrostática e primeira lei de ohm.** 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas.

Instituto de Física. Programa de Pós graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Maceió, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1804>. Acesso em: 13 out. 2020.

SOUSA, C. O.; SILVANO, A. M. d. C.; LIMA, I. P. de. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista Espacios.**, 2018, v. 39, n. 23, p. 27 – 37, 2018. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n23/a18v39n23p27.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2022.

SOUZA, S. C. B. de. **Planejamento de Trajetória para um Robô Móvel com duas Rodas Utilizando um Algoritmo A-Estrela Modificado.** 2008. 97 f. Dissertação (UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2008121701.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

SÁ, D. R. R. de. **O princípio de inércia sob aspectos histórico-epistemológicos : uma possibilidade contributiva para o ensino de física.** 2020. 149 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020. Disponível em: [http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa\\_2020.pdf](http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa_2020.pdf). Acesso em: 31 mai. 2021.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros:** mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Tradução: Paulo Machado Mors. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros:** mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TORRES, J. R.; GEHLEN, S. T.; MUENCHEN, C.; GONÇALVES, F. P.; LINDEMANN, R. H.; GONÇALVES, F. J. F. Resignificação curricular: contribuições da Investigação Temática e da Análise Textual Discursiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <https://www.periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4021>. Acesso em: 17 jan. 2022.

VALADARES, J. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista.**, v. 1, n. 1, p. 36 – 57, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID4/v1\\_n1\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf). Acesso em: 04 nov. 2021.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I:** mecânica. 12ª. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

### PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON  
UTILIZANDO ROBÔS DE SUMÔ**

•  
•  
**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

•  
**ORIENTADORA: PROFª DRª JANETE BATISTA DE BRITO**

**TERESINA**

**2022**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON  
UTILIZANDO ROBÔS DE SUMÔ**

.

.

**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

.

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> JANETE BATISTA DE BRITO**

Produto Educacional aplicado, analisado e apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí - UFPI vinculado á dissertação como requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Médio

**TERESINA**

**2022**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ao empurra ou puxar um objeto exerce-se uma força sobre ele. . . . .	16
Figura 2 – Ponte Estaiada João Isidoro França, em Teresina (PI). . . . .	16
Figura 3 – Sistema Terra - Lua. . . . .	17
Figura 4 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente. . . . .	18
Figura 5 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva. . . . .	19
Figura 6 – Exemplos de fenômenos onde atuam forças de ação e reação. . . . .	21
Figura 7 – Homem medindo o peso dele em uma balança. . . . .	22
Figura 8 – Bloco sobre uma mesa sob a ação de forças. . . . .	23
Figura 9 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies. . . . .	24
Figura 10 – Irregularidades das superfícies em situação de movimento em (a) e repouso em (b). . . . .	25
Figura 11 – Forças atuando em um carro atolado. . . . .	26
Figura 12 – Impulso recebido pela bola. . . . .	26
Figura 13 – Dojô de sumô de robô (categoria 3 kg). . . . .	30
Figura 14 – Tela inicial do Tinkercad. . . . .	38
Figura 15 – Tela do Tinkercad circuitos. . . . .	38
Figura 16 – Tela de produção dos projetos do Tinkercad. . . . .	39
Figura 17 – Projeto pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	40
Figura 18 – Código em bloco pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	40
Figura 19 – Código em texto pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	41
Figura 20 – Tela inicial do IDE Arduíno. . . . .	42
Figura 21 – Principais comandos do do IDE Arduíno. . . . .	42
Figura 22 – Efeitos da variação brusca da velocidade. . . . .	45
Figura 23 – Movimento de uma montanha-russa. . . . .	45
Figura 24 – Ação da resistência do ar e da gravidade. . . . .	45
Figura 25 – Trajetória de uma bola arremessada. . . . .	46
Figura 26 – Circuito de um semáforo. . . . .	47
Figura 27 – Código de programação em bloco do projeto semáforo. . . . .	47
Figura 28 – Código de programação em texto do projeto semáforo. . . . .	48
Figura 29 – Influência da força e da massa na aceleração. . . . .	49
Figura 30 – Menina medindo o peso dela na Terra. . . . .	50



Figura 31 – Foguete viajando pra Lua. . . . .	51
Figura 32 – Menina medindo o peso dela na Lua. . . . .	51
Figura 33 – Menina dentro da nave medindo o peso dela. . . . .	51
Figura 34 – Cidadão caindo na Terra. . . . .	53
Figura 35 – Circuito de um alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	54
Figura 36 – Código de programação em bloco do alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	54
Figura 37 – Código de programação em texto do alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	55
Figura 38 – As equipes aplicando forças de mesma intensidade. . . . .	56
Figura 39 – As equipes aplicando forças de intensidades diferentes. . . . .	57
Figura 40 – Uma das equipes deixa de aplicar força. . . . .	57
Figura 41 – Garoto no espaço se afastando da Terra. . . . .	58
Figura 42 – Ligação dos motores com a ponte H. . . . .	59
Figura 43 – Ligação da ponte H com a placa Arduíno. . . . .	61
Figura 44 – Ligação do sensor ultrassônico. . . . .	61
Figura 45 – Ligação do sensores infravermelho do robô de sumô. . . . .	62
Figura 46 – Esquema do circuito básico do robô de sumô. . . . .	63
Figura 47 – Dojô feito de madeira compensada. . . . .	72
Figura 48 – Dojô dividido em quatro partes. . . . .	73
Figura 49 – Lado posterior do dojô. . . . .	73
Figura 50 – Área do dojô. . . . .	74
Figura 51 – Chassi em MDF do robô de sumô básico. . . . .	80
Figura 52 – Placa Arduíno Uno R3. . . . .	81
Figura 53 – Cabo USB para Arduíno. . . . .	81
Figura 54 – Drive duplo ponte H de motor DC. . . . .	82
Figura 55 – Carregador de bateria 18650 duplo. . . . .	82
Figura 56 – sensor ultrassônico de distância HC-SR04. . . . .	83
Figura 57 – Chave push button PBS-102 NF. . . . .	83
Figura 58 – Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô. . . . .	84
Figura 59 – Roda com caixa de redução e motor. . . . .	84
Figura 60 – Bateria 18650 Li-Ion recarregável. . . . .	85

Figura 61 – Módulo sensor reflexivo infravermelho. . . . .	85
Figura 62 – Esferas de metal e de madeira caem da plataforma. . . . .	90
Figura 63 – Monstro de pedra menor empurra o monstro maior. . . . .	91
Figura 64 – Esfera passando por um tubo circular. . . . .	91
Figura 65 – Zumbis arremessam esferas para cima. . . . .	92
Figura 66 – Canhão arremessam esferas. . . . .	92
Figura 67 – Zumbi subindo de elevador. . . . .	93
Figura 68 – Chassi em MDF do robô de sumô. . . . .	98
Figura 69 – Esfera deslizante metálica. . . . .	98
Figura 70 – Suporte de MDF para sensor ultrassônico. . . . .	99
Figura 71 – Conjunto roda motor suporte de MDF. . . . .	99
Figura 72 – Encaixe do conjunto roda motor suporte de MDF no chassi. . . . .	100
Figura 73 – Encaixe do suporte para placa Arduino. . . . .	100
Figura 74 – Montagem do segundo conjunto roda motor suporte. . . . .	100
Figura 75 – Montagem da ponte H L9110s no chassi do robô. . . . .	101
Figura 76 – Fixação dos sensores infravermelho. . . . .	101
Figura 77 – Fixação da placa Arduino. . . . .	102
Figura 78 – Encaixe do sensor ultrassônico. . . . .	102
Figura 79 – Arranjo das baterias com contatos de papel alumínio. . . . .	103
Figura 80 – Arranjo das baterias após fixação dos fios (A) e finalizado (B). . . . .	103
Figura 81 – Suporte de bateria feito de PVC. . . . .	104

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>10</b>
2.2.1	Objetivo Específico 1	10
2.2.2	Objetivo Específico 2	10
2.2.3	Objetivo Específico 3	10
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Pré-teste e Pós-teste</b>	<b>11</b>
3.1.1	Force Concept Inventory (FCI)	11
<b>3.2</b>	<b>Conceitos relacionados às Leis de Newton</b>	<b>12</b>
3.2.1	Uma Breve História do Movimento dos corpos	12
3.2.2	Primeira Lei de Newton	16
3.2.3	Segunda Lei de Newton	19
3.2.4	Terceira Lei de Newton	21
3.2.5	Forças especiais: força peso, força normal e força de atrito	22
3.2.6	Momento Linear e Impulso	26
<b>3.3</b>	<b>Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton</b>	<b>28</b>
3.3.1	Origem da robótica	28
3.3.2	A Modalidade Robô de Sumô	29
3.3.3	A Plataforma Arduíno como Recurso Pedagógico	30
3.3.4	Aprendizagem Significativa de Ausubel	31
3.3.5	Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton	32
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Sequência Didática para Abordar as Leis de Newton Utilizando Robôs de Sumô como Material Potencialmente Significativo</b>	<b>34</b>
4.1.1	Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste.	34
4.1.2	Segundo Encontro: Aplicação do questionário I; simulador Tinkercad e placa Arduino.	36

4.1.3	Terceiro Encontro: Organizador prévio; Formação das equipes; Primeira Lei de Newton. . . . .	43
4.1.4	Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos; Segunda Lei de Newton. . . . .	46
4.1.5	Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença; Terceira Lei de Newton. . . . .	53
4.1.6	Sexto Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte) . . . . .	58
4.1.7	Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte) . . . . .	59
4.1.8	Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte) . . . . .	60
4.1.9	Nono Encontro: montagem do robô de sumô (4ª Parte) . . . . .	62
4.1.10	Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte). . . . .	64
4.1.11	Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte). . .	64
4.1.12	Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte). . .	66
4.1.13	Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte). . .	66
4.1.14	Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte). . . .	67
4.1.15	Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste. . . . .	68
4.1.16	Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô. . . . .	69
<b>5</b>	<b>RECURSOS DIDÁTICOS . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>5.1</b>	<b>O robô de sumô . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Dojô - ringue dos combates . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>5.3</b>	<b>Computadores . . . . .</b>	<b>74</b>
<b>5.4</b>	<b>Data show . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>6.1</b>	<b>Observação do desempenho nas atividades . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>6.2</b>	<b>Testes . . . . .</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICES . . . . .</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE A–DESCRIÇÃO E ORÇAMENTO DOS DISPOSITIVOS</b>	
	<b>USADOS NO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE B–QUESTIONÁRIO I- DETECTANDO INFORMAÇÕES</b>	
	<b>SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA . . . . .</b>	<b>87</b>

<b>APÊNDICE C– QUESTIONÁRIO II - EXPERIÊNCIAS DOS ALUNOS COM FERRAMENTAS DIGITAIS . . . . .</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE D–QUESTIONÁRIO III - UTILIZANDO AS CENAS DO JOGO NEWTÔNIA . . . . .</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE E–CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO (SKETCH) DO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE F–MONTAGEM DA ESTRUTURA MECÂNICA DO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO A–PRÉ-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO B–PÓS-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON . . . . .</b>	<b>113</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Este produto educacional, que agora apresentamos a você, prezado professor de Física, está associado à dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física, polo da Universidade Federal do Piauí. O produto é uma sequência didática a ser aplicada no primeiro ano do Ensino Médio, que contém instruções que partem da aplicação dos testes para detectar os conhecimentos prévios dos alunos, passando pela montagem de projetos simples de robótica e do próprio robô de sumô até a culminância, que é a competição entre os robôs produzidos.

Esta sequência didática foi planejada para ser aplicada como uma unidade curricular em um itinerário formativo, previsto no novo Ensino Médio. Ela pode ser introduzida como uma eletiva, que geralmente tem a duração de um semestre do calendário escolar. Consideramos que esta seja uma boa alternativa, visto que a carga horária destinada a Física na Formação Geral Básica (FGB) e nas escolas públicas é reduzida.

Assim, nosso produto tem o objetivo de abordar as Leis de Newton, utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, através da montagem e aprimoramento de robôs de sumô. Estes robôs funcionam de forma autônoma, utilizando a placa Arduino. Cada equipe terá a incumbência de fazer modificações no robô de sumô com o intuito de melhorar o desempenho dele. Isto será feito utilizando os conceitos de física relacionados às Leis de Newton.

Dessa forma, a título de exemplo, para melhorar a tração das rodas do robô de sumô, podemos aumentar o atrito entre o pneu e a superfície do dojô (ringue das batalhas). Para isso, é necessário investigar o atrito que existe entre as superfícies e em consequência, devemos estudar a força de atrito, a força normal e a força peso. Com base nestes conceitos, faz-se a escolha dos materiais e técnicas para melhorar a tração. Assim, a competição entre as equipes começa já na montagem dos robôs de sumô.

Outra contribuição que este produto educacional pode proporcionar é em relação a motivação dos envolvidos nas atividades, que é um dos grandes problemas que enfrentamos nas salas de aula. Na minha experiência como professor do Ensino Médio, constatei que os conceitos relacionados à cinemática e à dinâmica são de difícil assimilação para os alunos. Assim, os alunos ao se depararem com esta dificuldade, passam a considerar a física uma disciplina difícil. Esta dificuldade pode estar relacionada às metodologias utilizadas, que não conseguem despertar o interesse pela disciplina.

Ademais, a robótica permite abordar vários tópicos da física, por exemplo, esta sequên-

cia didática além dos conceitos relacionados às Leis de Newton, pode ser adaptada para explorar conceitos relacionados aos conteúdos de ondas, eletricidade. Sendo assim, o nosso produto apresenta estas possibilidades de aplicação, que faz valer a pena o custo-benefício.

Desse modo, esperamos que façam bom proveito do nosso produto educacional, que ele contribua para o processo de ensino aprendizagem dos conceitos de física, proporcionando uma aprendizagem significativa, o aumento da motivação e a redução da rejeição dos estudantes em relação à física.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton através da utilização de robôs de sumô como material potencialmente significativo, para possibilitar a motivação dos alunos e proporcionar a aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

### **2.2 Objetivos Específicos**

#### **2.2.1 Objetivo Específico 1**

Construir projetos básicos de robótica de forma virtual através do simulador de circuitos Tinkercad e de forma tangível utilizando a placa do Arduino.

#### **2.2.2 Objetivo Específico 2**

Aprimorar o projeto mecânico do robô de sumô, aplicando os conceitos relacionados às Leis de Newton, propiciando uma aprendizagem significativa desses conceitos.

#### **2.2.3 Objetivo Específico 3**

Utilizar o robô de sumô como elemento motivador para o estudo das Leis de Newton, através do protagonismo dos alunos na montagem, otimização dos robôs para participar de uma competição.



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para embasar teoricamente o produto educacional. Inicialmente, apresentamos o teste Force Concept Inventory (FCI), que foi utilizado como pré-teste e pós-teste. Em seguida, tratamos dos conceitos relacionados às Leis de Newton, que é o conteúdo de física explorado em nosso produto. E por fim, uma seção sobre a utilização do robô de sumô no estudo das Leis de Newton.

#### 3.1 Pré-teste e Pós-teste

O Force Concept Inventory (FCI) é um teste que é bastante utilizado, tanto em nível médio quanto em nível superior, para detectar os conceitos intuitivos dos alunos relacionado ao conceito de força.

##### 3.1.1 Force Concept Inventory (FCI)

As questões do pré-teste e do pós-teste foram selecionadas dentre as questões do *Force Concept Inventory (FCI)*, um teste que foi desenvolvido em 1992 por Hestenes, Wells e Swackhamer, como um instrumento para auxiliar os professores a detectar e avaliar as concepções dos alunos, criadas a partir do senso comum, sobre a Mecânica Newtoniana. Para atingir esse objetivo, o teste foi desenvolvido explorando o conceito de força, que é considerado fundamental na Mecânica Newtoniana (HESTENES *et al.*, 1992).

Em nosso estudo, as questões que aplicamos no pré e no pós-teste são de uma versão traduzida do FCI que foi desenvolvida e validada por Fernandes (2011). Na sua tese, Fernandes, traduziu uma versão revisada do FCI produzida por Hestenes e Halloun em 1995. A tradução para português foi feita de maneira rigorosa para mantê-la fiel ao instrumento original, só foram feitas pequenas modificações para melhor adaptação ao nosso contexto (FERNANDES, 2011).

Entretanto, o FCI possui trinta questões para serem resolvidas em quarenta minutos, um número de questões elevado, que dependendo das circunstâncias pode se tornar cansativo para o aluno. Em virtude disto, buscamos um trabalho realizado pelos pesquisadores Han *et al.* (2015), que dividiu o FCI em dois testes de meio comprimento com quatorze questões cada, de tal modo, que eles têm equivalência entre si e preservaram as características do FCI completo. Desse modo, os dois instrumentos podem ser utilizados como pré-teste e pós-teste em uma pesquisa (HAN *et al.*, 2015).

De acordo com os autores, as questões dos testes não devem ser divulgadas nem discutidas com os alunos. Inclusive, eles aconselham mudar o título original do teste a fim de evitar que ele se torne conhecido entre os alunos e o inviabilize como teste. Em nosso estudo, o pré-teste e o pós-teste foram denominados, **Força: um conceito fundamental da Mecânica Newtoniana**, com o acréscimo no final dos numerais romanos I e II, para identificar o pré-teste (ANEXO A) e o pós-teste (ANEXO B).

### 3.2 Conceitos relacionados às Leis de Newton

Nesta seção, vamos abordar os conceitos de física que serão explorados no aprimoramento mecânico do nosso robô de sumô. É importante ressaltar a contribuição dos vários estudiosos ao longo da história para a construção do conhecimento científico. Dessa forma, inicialmente vamos abordar sobre as contribuições de alguns gigantes nos ombros dos quais Isaac Newton se apoiou para ver mais longe. Em seguida, apresentaremos as Leis de Newton e alguns conceitos relacionados a ela, como: força peso, força normal, força de atrito, momento linear e impulso.

#### 3.2.1 Uma Breve História do Movimento dos corpos

O conhecimento científico é produzido ao longo do tempo, permanecendo sempre em construção. É influenciado por fatores sociais, políticos, religiosos, dentre outros. Além disso, recebe a contribuição de muitos estudiosos, com erros, acertos e reformulações. Nas palavras de Monteiro (2014, p.81), "O desenvolvimento do conhecimento científico é um empreendimento extremamente complexo e não envolve somente variáveis internas a esse sistema". Nesse sentido, podemos afirmar que em relação aos conceitos do movimento dos corpos isso não foi diferente.

O movimento é um tema recorrente desde de sempre, pois faz parte do dia a dia dos seres humanos, mas o estudo de forma sistematizada que se tem registro ocorreu na Grécia antiga, onde o filósofo Aristóteles (384 - 322 a.C) foi o responsável pelas principais contribuições. A seguir, sem a pretensão de esgotar o tema, relacionaremos considerações de Aristóteles sobre o movimento.

Aristóteles afirmava a existência de um mundo supralunar e do mundo sublunar e que as leis que governavam estes dois mundos eram diferentes. No mundo supralunar, os corpos celestes formados por éter e em universo finito, efetuavam um movimento natural, uniforme,

circular e perpétuo (PEDUZZI, 2015).

A matéria do mundo sublunar era composta por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Embaixo era lugar natural dos elementos mais pesados (terra e água) e em cima, os elementos mais leves (ar e fogo). Uma pedra cai por ser constituída principalmente por terra, descrevendo um movimento natural. Ademais, Aristóteles afirmava que as pedras mais pesadas chegavam ao solo primeiro do que outras mais leves, quando soltas simultaneamente de uma mesma altura. A fumaça que é formada principalmente por ar e fogo, sobe em um movimento natural (SILVA, 2017).

De outro modo, existia o movimento que possuía causas externas, denominado movimento violento, que acontecia quando um corpo era puxado ou empurrado por outro corpo. Aristóteles afirmava que pra colocar e manter um corpo em movimento violento era necessário uma força atuando durante todo o processo . Assim, uma pessoa carregando um objeto, o arremesso de uma pedra, são exemplos de movimentos violentos. Nestes exemplos, observamos que o movimento dos objetos é causado por outros agentes, o objeto é movimentado pela pessoa, alguém arremessou a pedra. No caso da pedra, após perder o contato com mão da pessoa, o meio seria o responsável pela causa do movimento. Estas e outras ideias de Aristóteles permaneceram sendo consideradas corretas por quase dois mil anos, apesar do próprio Aristóteles não as considerar como ideias finais (HEWITT, 2015).

Aristóteles contribuiu grandemente para o desenvolvimento dos conceitos sobre o movimento. Este foi um grande passo, mas foi apenas o primeiro de uma longa jornada. Pois sabemos que a construção da ciência é obra de muitas mãos, isso é ressaltado nas palavras atribuídas a Isaac Newton: "Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes". Dessa forma, a tarefa de questionar e modificar as ideias aristotélicas coube a outros grandes nomes da ciência, como: Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei, René Descartes, Isaac Newton, dentre outros.

A história do movimento, após Aristóteles, é longa, passando pelas contribuições de Philoponus de Alexandria (490 – 570 d.C.), do árabe Avicena (980 a.C – 1037 d.C.), do filósofo francês Jean Buridan (1300-1358), do discípulo de Buridan, Nicolas Oresme (?1320-1382), chegando até Nicolau Copérnico (1473 – 1543), a partir do qual vamos detalhar um pouco mais esta história.

Nicolau Copérnico (1473 – 1543), na sua obra *Sobre a revolução das órbitas celestes*, publicado no ano da sua morte, apresenta sua teoria heliocêntrica, onde diferentemente de

Claudio Ptolomeu (100 - 170 d.C), ele coloca o Sol como centro do universo ao invés da Terra. Contudo, Copérnico apresentou sua teoria com muita cautela, com receio de ser vilipendiado por contrariar o consagrado sistema geocêntrico de Ptolomeu. A obra de Copérnico foi utilizada por grandes estudiosos como Kepler, Galileu e outros, de tal maneira que contribuiu para a Revolução Científica do século XVII (PEDUZZI, 2015).

O astrônomo alemão, Johannes Kepler (1571-1630), com base na obra de Copérnico e nas observações de Tycho Brahe (1546-1601), usou sua habilidade com a matemática para elaborar as leis do movimento planetário. O trabalho de Kepler rompe com a ideia de órbitas circulares e movimento uniforme dos planetas e passa descrevê-las como órbitas elípticas com movimento não uniforme (SILVA, 2016). Ele foi o primeiro a usar o termo inércia no estudo do movimento, mas com um sentido diferente daquele consagrado na Mecânica Clássica. Para Kepler, a inércia era uma resistência apresentada pelos corpos, que consistia em uma oposição ao movimento. Na situação em que nenhuma força estivesse atuando, a inércia do corpo faria o movimento cessar. A inércia kepleriana reflete a concepção aristotélica de que os corpos tendem, naturalmente, para o repouso (REZENDE, 2018).

O gigante Galileu(1564-1642), inicialmente utilizava as concepções aristotélicas para descrever o movimento dos corpos. Após trocas de correspondências com Kepler, ele passou a dar maior importância ao sistema de Copérnico, que defendia o sistema heliocêntrico em contraposição às ideias aristotélicas que adotavam o sistema geocêntrico (MONTEIRO, 2014).

Outro fato que pode ter contribuído para a mudança de visão de Galileu foi a observação do céu através de uma luneta, que ele mesmo aperfeiçoou após ficar sabendo das características deste instrumento inventado na Holanda. Ele apontou o instrumento para o céu e fez descobertas que contrariavam as afirmações de Aristóteles. Ele publicou o resultado de suas observações, em 1610, no seu livro, *O Mensageiro das Estrelas* (MONTEIRO, 2014).

Galileu foi o primeiro a usar a observação e a experimentação de forma sistematizada para refutar as concepções aristotélicas. Há uma narrativa na qual Galileu fez um experimento na torre de Pizza, em que ele abandona objetos de pesos diferentes do alto da torre. O objetivo dele era mostrar que corpos abandonados da mesma altura, independente do peso deles, levariam o mesmo tempo para chegar ao solo. Fez isso pra refutar a ideia de Aristóteles de que um corpo mais pesado cairia mais rápido. Não há confirmação de que este experimento da torre de Pizza tenha sido feito por Galileu (HEWITT, 2015). É mais aceito que ele tenha chegado a estas conclusões através dos experimentos com planos inclinados.

Na concepção de inércia desenvolvida por Galileu, ele considerava que na ausência de causas externas, um corpo em repouso permaneceria em repouso e um corpo em movimento descreveria, indefinidamente, um movimento uniforme. No entanto, ele utilizava o conceito de forças impressas (ímpeto) para justificar a possibilidade do movimento perpétuo de um corpo. (MEDEIROS, 2017). Outro ponto importante, é que Galileu concebeu uma ideia de inércia circular, pois considerou que a superfície terrestre possibilitava o movimento uniforme perpétuo. Por isso, historiadores apontam que Galileu não conseguiu chegar ao conceito de inércia da forma como Newton a apresentou (MONTEIRO, 2014).

Os experimentos e observações feitas por Galileu descritos e discutidos nos seus livros, *Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo*<sup>1</sup> e *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências*<sup>2</sup>, demonstram que um corpo em queda livre (sujeito apenas à força gravitacional) desenvolve um movimento uniformemente variado e que todos os corpos estavam sujeitos a mesma aceleração. Antes os aristotélicos afirmavam que o movimento de queda era acelerado, mas não diziam de que forma ocorria esta aceleração (NUSSENZVEIG, 2013).

Descartes (1596-1650), filósofo francês, praticamente chegou ao conceito de inércia, através das suas primeira e segunda leis da natureza. Vale ressaltar, que para fundamentar suas leis, ele utiliza a intervenção divina. Dito de outro modo, a conservação da quantidade de movimento era atribuído a imutabilidade e a simplicidade como Deus mantém a matéria em movimento. Dessa forma, na ausência de interação com outros corpos, um corpo se mantinha em movimento retilíneo porque a quantidade de movimento do corpo se conservava. Ademais, Descartes não percebeu a natureza relativa<sup>3</sup> dos estados de movimento e repouso dos corpos (POLITO, 2015).

A partir das contribuições destes estudiosos que mostramos acima e de outros, Newton, com sua genialidade, estabeleceu as Leis do Movimento que fundamentam a Mecânica Clássica, como teremos oportunidade de abordar nas próximas subsecções.

<sup>1</sup> Obra publicada em 1632, com o título em italiano *Dialogo sopra i Due Massimi Sistemi Del Mondo Tolemaico e Copernicano* e ficou conhecida como *Diálogos*.

<sup>2</sup> Obra publicada em 1638, com o título em italiano *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nueve Scienze* e ficou conhecida como *Discorsi*.

<sup>3</sup> Natureza relativa do movimento significa que o movimento de um objeto, visto por um observador, depende do referencial no qual ele está situado (LUZ; ÁLVARES, 2013).

### 3.2.2 Primeira Lei de Newton

Inicialmente, é importante falarmos sobre a **grandeza força**, que tem um papel fundamental na formulação das Leis de Newton. Temos a noção de força, ainda que de forma intuitiva, quando empurramos ou puxamos um objeto. Nessa situação, estamos interagindo com outro corpo e aplicando uma força sobre ele, ação que pode colocar o objeto em movimento ou não (Figura 1). Os efeitos produzidos por uma força ficam definidos quando são conhecidos o módulo, a direção e o sentido de atuação da mesma. Portanto, a força é uma grandeza vetorial<sup>4</sup> e poderá ser representada por um vetor (LUZ; ÁLVARES, 2013).

Figura 1 – Ao empurra ou puxar um objeto exerce-se uma força sobre ele.



Fonte: Luz; Álvares (2013)

Já mencionamos, acima, que é possível forças atuarem em um corpo sem produzir movimento. A ponte estaiada na Figura<sup>5</sup> 2 representa um exemplo onde muitas forças atuam em um corpo, nesse caso, através de cabos e colunas, mas não produzem nenhum movimento perceptível (GASPAR, 2016).

Figura 2 – Ponte Estaiada João Isidoro França, em Teresina (PI).



Fonte: Site da SEMDEC(2021).

<sup>4</sup> Grandezas que para ficarem totalmente descritas necessitam tanto da informação do módulo quanto de orientação (direção e sentido).

<sup>5</sup> Fonte: Site da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico de Teresina (SEMDEC). <https://semdec.pmt.pi.gov.br/atrativos-turistico/>. Acesso: 08 jul2021.

Ademais, a soma vetorial de todas as forças que atuam em um corpo, como as que atuam sobre a ponte da Figura 2, é chamada de **força resultante**, que é obtida através de uma soma vetorial. Diferentemente da soma vetorial, na **soma algébrica**, duas parcelas iguais somadas sempre produzem o mesmo resultado, já a **soma vetorial** de parcelas iguais podem resultar valores diferentes, isso porque nesta última é necessário levar em conta a orientação (direção e sentido) da grandeza vetorial (GASPAR, 2016).

Além das forças que tratamos acima, que para atuar necessitam do contato entre os corpos (**forças de contato**), existem também as **forças de ação a distância** que podem atuar entre corpos que estão muito longe um do outro. Por exemplo, a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua (Figura<sup>6</sup> 3) e as forças de interação entre dois ímãs (GASPAR, 2016; LUZ e ÁLVARES, 2013).

Figura 3 – Sistema Terra - Lua.



Fonte: Site Perkins eLearning (2021).

Após esta explanação sobre a grandeza força, é o momento de apresentarmos a Primeira Lei de Newton. Esta lei é estruturada em torno do conceito de inércia, uma propriedade da matéria que já abordamos na subsecção 3.2.1, quando expomos a evolução histórica dos conceitos relativos ao movimento. Agora, apresentamos o arremate de Isaac Newton (1642-1727) que consolidou o conceito de inércia que ficou consagrado na mecânica clássica. No seu livro

<sup>6</sup> Fonte: Site Perkins eLearning. Disponível em: <https://www.perkinselearning.org/accessible-science/activities/earth-and-moon-student-built-model>. Acesso: 08 jul 2021.

*Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, conhecido como *Principia*, Newton enunciou a primeira lei, conhecida também como lei da inércia, que assim foi reproduzido no livro de Hewitt (2015, p. 26): "*Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de rapidez uniforme em uma linha reta a menos que uma força resultante não nula seja exercida sobre ele.*"

Dessa forma, Newton deixa claro que um corpo pode desenvolver um movimento retilíneo uniforme sem a necessidade da atuação contínua de uma força. Ou seja, a partir do momento que a força resultante, que atua sobre um corpo em movimento, passa a ser nula, o corpo descreverá um movimento retilíneo uniforme. Ademais, Newton indica que a inércia é a propriedade responsável por este comportamento. (SÁ, 2020).

Na Figura 4, o habilidoso e sorridente garoto puxa subitamente a toalha da mesa e os objetos sobre a mesa permanecem em repouso. Esta é uma demonstração bem conhecida da propriedade de inércia dos objetos, que faz os mesmos resistirem a uma mudança do estado no qual se encontram. Portanto, os objetos se encontram no estado de repouso e por ação da inércia, eles tendem a permanecer em repouso.

Figura 4 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente.



Fonte: Hewitt (2015).

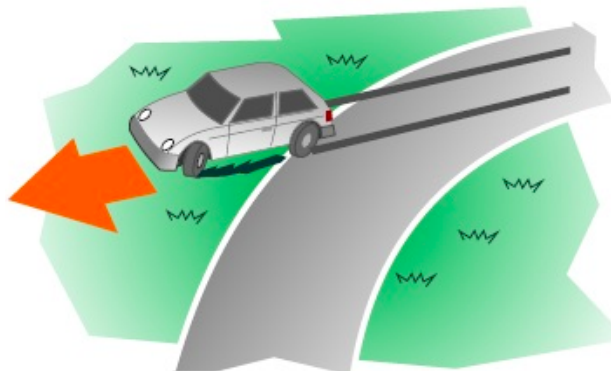
Agora, quando um corpo já está em movimento, por ação da inércia, ele tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme. A Figura<sup>7</sup> 5, mostra um descuidado motorista de um carro cujos pneus perdem totalmente a aderência com a pista e segue a reta tangente a curva. Ou seja, a força de atrito entre os pneus e a pista, necessária para o carro efetuar a manobra de curva, deixa de atuar e o carro mantém o estado de movimento que ele tinha imediatamente antes dos pneus perderem a aderência.

É importante destacar que alguns conceitos são estabelecidos a partir desta lei. Por

<sup>7</sup> Fonte: Site Coisas de Engenheiro. Disponível em: <https://coisasdeengenheiro.wordpress.com/category/dinamica-da-frenagem>. Acesso em: 08 jul 2021.



Figura 5 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva.



Fonte: Site Coisas de Engenheiro (2021).

exemplo, ela estabelece os critérios para determinar um referencial inercial. Que são referenciais nos quais as Leis de Newton são válidas. Nas palavras de TIPLER e MOSCA (2009, p. 94) "Se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um referencial inercial". Outro exemplo, são as condições de equilíbrio mecânico de um corpo, que ficam bem estabelecidas com base na Primeira Lei de Newton (HEWITT, 2015). Utilizando a linguagem matemática, a condição de equilíbrio é dada por <sup>8</sup>

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3.1)$$

Diante do exposto acima, podemos afirmar que a Primeira Lei de Newton tem sua importância não só pela propriedade da inércia, mas, também, por outros conceitos que são estabelecidos a partir dela.

### 3.2.3 Segunda Lei de Newton

Vimos que se a resultante das forças que atua em um corpo for nula, a Primeira Lei de Newton é a lei que descreverá o tipo de movimento do corpo. Quando a resultante das forças que atuam em um corpo é diferente de zero, como será o movimento desenvolvido por ele? A resposta desta questão e outras que vamos abordar nesta subseção pode ser encontrada a partir da Segunda Lei de Newton.

Neste primeiro momento, vamos abordar um pouco sobre a aceleração, que é uma importante grandeza que a Segunda Lei de Newton define e determina sua relação com as

<sup>8</sup> O símbolo  $\sum$  representa o somatório e o  $\vec{F}$  indica uma força vetorial, ou seja, o somatório das forças vetoriais é igual a zero

grandezas força e massa. No estudo de Polito (2015), ele aponta que Galileu procurou em seus estudos descrever a aceleração de um corpo, ou seja, como acontece a variação da velocidade do mesmo. E que Galileu considerava, as causas da aceleração, uma questão a ser enfrentada posteriormente. Este posicionamento se justifica porque ele não tinha noções consolidadas dos conceitos de massa inercial, gravidade e força.

Ademais, a aceleração é uma grandeza física vetorial que registra a variação da velocidade (módulo, direção e sentido) em função do tempo. Galileu conseguiu mostrar, através dos experimentos com planos inclinados, que a aceleração dos corpos em queda livre é constante. Diante disso, surge um questionamento: o que faz a velocidade variar? Ou seja, o que produz a aceleração? A Segunda Lei de Newton lançou luz sobre esta questão (HEWITT, 2015).

A Segunda Lei de Newton estabelece a relação entre as grandezas força, aceleração e massa. Esta relação foi estabelecida por Newton, que no livro de Hewitt (2015, p. 63) é apresentado da seguinte forma: "A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que essa força e é inversamente proporcional à massa do objeto". Então, abaixo temos a expressão matemática da Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.2)$$

Vale ressaltar, que Newton estabeleceu a segunda lei a partir da grandeza física quantidade de movimento ou momento linear. A equação 3.3 que relaciona força, massa e aceleração, foi obtida a partir da expressão matemática da quantidade de movimento (NUSSENZVEIG, 2013). Na subsecção 3.2.6, voltaremos a abordar este tema.

A unidade de medida de força no Sistema Internacional de Unidades (S.I.)<sup>9</sup> é newton (N). A Segunda Lei de Newton possibilita a definição desta unidade de medida. Dessa forma, quando uma massa  $m$  de 1,0 kg recebe a ação de uma força  $\vec{F}$  e desenvolve uma aceleração  $\vec{a}$  de módulo igual a 1,0  $m/s^2$ , a intensidade dessa força corresponde a 1,0 newton (1,0N) (GASPAR, 2016). Então, usando a equação 3.3 e considerando apenas os módulos das grandezas temos que:

$$F = m \cdot a \implies 1,0N = 1,0kg \cdot m/s^2 \quad (3.3)$$

Além das unidades de força, massa e aceleração apresentadas acima, temos outras unidades de medida dessas grandezas pertencentes a outros sistemas métricos, mas em nosso estudo vamos usar as do Sistema Internacional de unidades (S.I.).

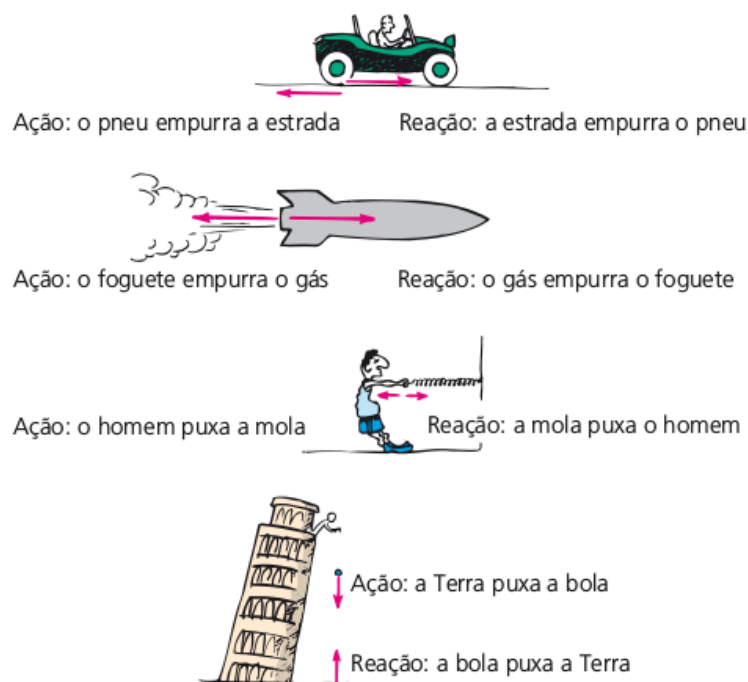
<sup>9</sup> Este sistema é utilizado na maioria dos países e suas unidades de medida foram definidas na Conferência Internacional de Pesos e Medidas de 1960, em Paris.

### 3.2.4 Terceira Lei de Newton

As Primeira e Segunda Leis de Newton relacionam a força resultante que atua sobre um corpo e o movimento produzido nele. Agora, a Terceira Lei de Newton, descreve as forças que atuam nos corpos durante a interação dos mesmos, que no caso mais simples seria entre dois corpos.

Nas palavras de Gaspar (2016, p. 99), o enunciado da Terceira Lei de Newton é expresso da seguinte maneira: "Se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B exerce sobre A uma força de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário". A Figura 6 apresenta alguns fenômenos e a representação das forças de ação e reação que atuam em cada caso.

Figura 6 – Exemplos de fenômenos onde atuam forças de ação e reação.



Fonte: Gaspar (2016).

A grandeza força sempre aparece em pares, ou seja, toda vez que aparecer uma força de ação, vai existir uma força de reação. Esta é uma propriedade da força que é descrita pela Terceira Lei de Newton (TIPLER; MOSCA, 2009).

Estas forças aparecem de forma simultânea, sendo assim, não é primordial saber qual é força de ação e a de reação, mas sim perceber que elas surgem da interação entre corpos e que uma não existe sem a outra (HEWITT, 2015).

A partir do enunciado da Terceira Lei de Newton podemos inferir algumas características das forças de ação e reação:

1. Possuem mesmo módulo;
2. Atuam na mesma direção;
3. Têm sentidos opostos;
4. E atuam em corpos diferentes.

As três primeiras características poderiam sugerir que as forças de ação e reação poderiam se equilibrar, mas a quarta característica garante que isso não pode acontecer, já que para haja o equilíbrio mútuo entre as forças, elas deveriam atuar em um mesmo corpo.

### 3.2.5 Forças especiais: força peso, força normal e força de atrito

Na Figura 7, estão representadas duas forças, a força gravitacional que puxa o homem para baixo e a força de apoio que empurra o homem para cima. O peso do homem é o efeito produzido pela ação das duas forças. No equilíbrio o peso possui mesmo valor da força gravitacional. Podemos afirmar que o peso do homem sobre a balança é igual a força que ele exerce sobre a superfície da mesma (HEWITT, 2015).

Figura 7 – Homem medindo o peso dele em uma balança.



Fonte: Hewitt (2015).

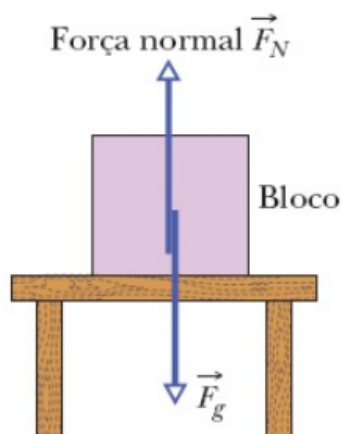
A força sobre um corpo nas proximidades da Terra devido a ação da força gravitacional é  $m \cdot g$ . Agora, quando o corpo estiver sob condição de equilíbrio,  $m \cdot g$  também será seu peso (HEWITT, 2015). Por exemplo, a situação mostrada na Figura 7, o peso do corpo pode ser calculado através da equação 3.4

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (3.4)$$

Onde  $m \cdot g$  é o módulo da força gravitacional, que nesse caso é igual ao peso  $P$  do corpo.

Em pé sobre um piso uma pessoa está sob a ação da força gravitacional exercida pela Terra, mas permanece em equilíbrio. Então, deve existir uma força atuando no sentido oposto ao da força da gravidade. Esta força é exercida pelo piso, que se deforma sob a ação do peso da pessoa e a empurra para cima. Força como esta aplicada pelo piso é chamada de força normal  $\vec{F}_N$ . De acordo com Halliday *et al.* (2016, p. 255), "Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal  $\vec{F}_N$  que é perpendicular à superfície".

Figura 8 – Bloco sobre uma mesa sob a ação de forças.



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

Como podemos observar na Figura 8, a força normal  $\vec{F}_N$  é exercida pela mesa sobre o bloco, com orientação vertical para cima. Outrossim, a força gravitacional  $\vec{F}_g$  é exercida pela Terra sobre o bloco, com orientação vertical para baixo. Dessa forma, as forças se cancelam (HALLIDAY *et al.*, 2016). Considerando, ainda, o sentido para cima como positivo, que o solo seja o referencial utilizado e que  $\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}$ , podemos utilizar a Segunda Lei de Newton ( $\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$ ) e escrever a equação 3.6:

$$F_{res} = F_N - F_g = m \cdot a \implies F_N - m \cdot g = m \cdot a \implies F_N = (a + g) \cdot m \quad (3.5)$$

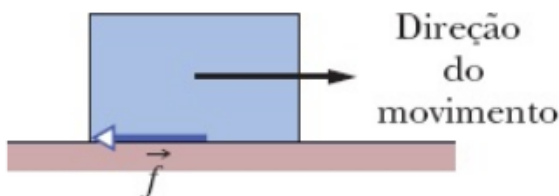
Na situação em que a mesa e o bloco estejam em repouso em relação ao solo, teremos  $a = 0$  e o valor da  $F_N$  será:

$$F_N = m \cdot g \quad (3.6)$$

Portanto, como previsto na Primeira Lei de Newton, o módulo da força normal é igual ao da força gravitacional, ou seja, igual ao módulo do peso do bloco.

Um bloco se move ou tenta se mover sobre uma superfície (Figura 9), nesse momento surge uma resistência devido ao contato entre as superfícies irregulares (rugosas, ásperas) dos corpos. Esta resistência nas palavras de Hewitt (2015, p. 256), "é considerada como uma única força  $\vec{f}$  que recebe o nome de força de atrito, ou simplesmente atrito". Como podemos constatar na Figura 9, ela é sempre tangente às superfícies e atua no corpo em sentido contrário ao movimento ou tendência de movimento do mesmo. Portanto, se o bloco for empurrado para direita ou para a esquerda, a força de atrito atuará sobre o bloco para esquerda no primeiro caso e para direita no segundo.

Figura 9 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies.



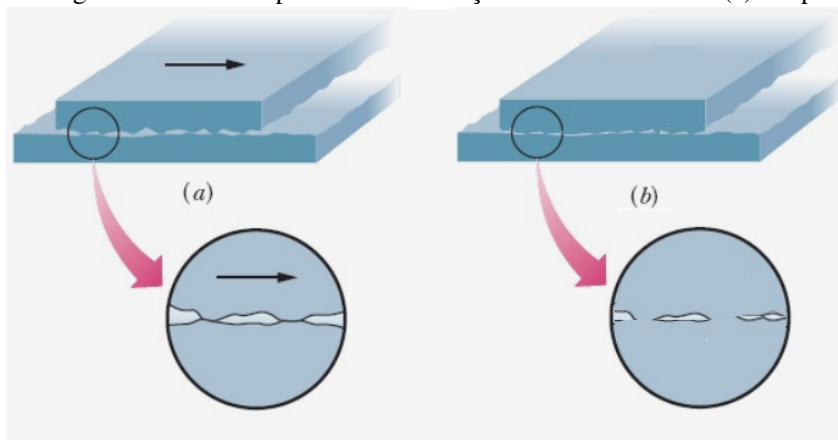
Fonte: Hewitt (2015).

A primeira impressão que temos ao conhecermos um pouco o atrito não é boa. Parece que ele sempre aparece pra dificultar o movimento. Por exemplo, segundo Halliday *et al.* (2016, p. 304), "Cerca de 20% da gasolina consumida por um automóvel é usada para compensar o atrito das peças do motor e da transmissão". Todavia, descobrimos depois que sem o atrito o carro não poderia se mover, nós não poderíamos caminhar, nem segurar objetos em nossas mãos, ou seja, uma infinidade de atividades que seriam impossíveis sem o atrito.

Na Figura<sup>10</sup> 10, podemos ver como funciona o mecanismo do atrito. Na parte (a) da Figura 10, com o corpo em movimento os pontos soldados entre as duas superfícies são reduzidos, diminuindo o atrito. Na parte (b) Figura 10, com o corpo em repouso os pontos de contato aumentam e em consequência aumenta o atrito.

<sup>10</sup> Adaptada de figura disponível em: <https://slideplayer.es/slide/13382071/>. Acesso: 08 jan 2022.

Figura 10 – Irregularidades das superfícies em situação de movimento em (a) e repouso em (b).



Fonte: Site SlidePlayer (2022).

Na parte (a) da Figura 10, temos o atrito cinético, porque a placa de cima desliza em relação a placa de baixo. A intensidade da força de atrito cinético é dada por:

$$f_k = \mu_k \cdot F_N \quad (3.7)$$

Onde  $\mu_k$  é o coeficiente de atrito cinético,  $f_k$  é a força de atrito cinético e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Na parte (b) da figura 10, temos o atrito estático, porque as placas, uma em relação a outra, estão em repouso. Nesse caso, existe uma força  $\vec{F}$  atuando sobre a placa de cima, mas que não consegue colocá-la em movimento. Durante esta fase, a intensidade da força de atrito estático  $\vec{f}_s$  vai variando e assumindo valores iguais ao da força  $\vec{F}$  aplicada sobre a placa. Porém, a força de atrito estático tem um valor máximo que ela pode atingir, que é dado por:

$$f_{smáx} = \mu_s \cdot F_N \quad (3.8)$$

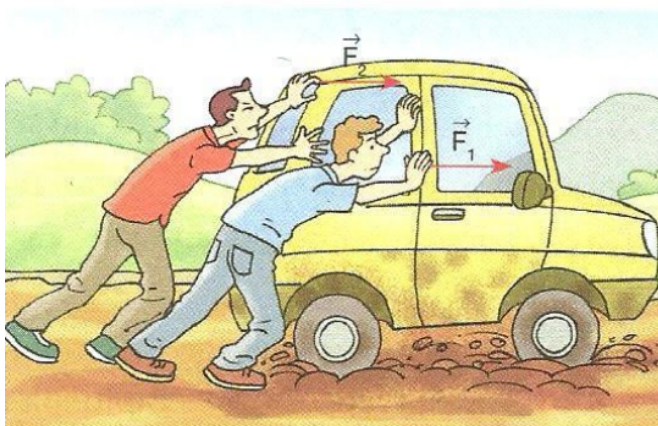
Onde  $\mu_s$  é o coeficiente de atrito estático,  $f_{smáx}$  é a força de atrito estático máximo e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Sobre os coeficientes de atrito  $\mu_k$  e  $\mu_s$ , Halliday *et al.* (2016) afirma que: "são adimensionais e devem ser determinados experimentalmente. Seus valores dependem das propriedades tanto do corpo como da superfície". Ademais, a força normal  $F_N$  será tanto maior quanto maior for a pressão do corpo sobre a superfície.

### 3.2.6 Momento Linear e Impulso

Em algumas situações, devemos aplicar uma força em um corpo por um intervalo de tempo mais longo para obtermos os efeitos esperados. Como na situação apresentada na Figura<sup>11</sup> 11, na qual a aplicação da força deve ser mantida por um tempo suficiente para retirar o carro do atoleiro.

Figura 11 – Forças atuando em um carro atolado.



Fonte: Site Brainly (2021).

Nesse fenômeno, vamos prestar atenção em algumas grandezas físicas que estão envolvidas: força, tempo, velocidade e massa. As duas primeiras que estão relacionadas diretamente com a definição de Impulso e as duas últimas com a definição de Momento linear (GASPAR, 2016).

Figura 12 – Impulso recebido pela bola.



Fonte: Luz e Álvares (2013).

A Figura 12, mostra um jogador de futebol chutando uma bola, a força aplicada por ele

<sup>11</sup> Figura publicada no site Brainly disponível em: <https://brainly.com.br/tarefa/8489358>. Acesso: 09 jun 2021.



na bola atua por um intervalo de tempo, assim, diz-se que a bola recebeu um impulso.

Nas competições de robô de sumô, os robôs são organizados por classes, que consideram dentro as especificações das classes a massa do robô. Quão importante é a massa do robô de sumô para definir o vencedor de um combate?

Para vencer nessa luta, o robô deve manter-se dentro do dojô e empurrar seu adversário para fora do dojô. Assim, quando dois robôs que se deslocam com a mesma velocidade se chocam, levará vantagem aquele que tiver maior massa. Isso acontece porque o robô de maior massa, terá momento linear maior. Nesse caso, o **momento linear** ( $\vec{p}$ ) do robô é o produto entre sua **massa**(m) e a sua **velocidade** ( $\vec{v}$ ), ou seja: **momento linear = massa x velocidade** (HEWITT, 2015). Como devemos considerar a direção e o sentido que o robô se desloca, a expressão do momento linear fica:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (3.9)$$

Por isso, a organização dos robôs em classes considera principalmente a massa, da mesma forma que em outros esportes de luta como judô, boxe, UFC e o próprio sumô japonês, que inspirou a criação do robô de sumô.

Durante a luta, o momento linear de um robô pode variar. Para que isso aconteça é necessário que ocorra a variação da massa ou da velocidade ou de ambas. Mas, como durante a luta não é permitido acréscimo ou decréscimo de massa, consideramos que a variação do momento linear é devido a variação da velocidade. Então, existe uma aceleração e consequentemente uma força atuando sobre o robô. Assim, percebemos que quanto maior for a força aplicada, maior será o momento linear do robô.

Outra grandeza que deve ser considerada é o tempo. Quando uma força atua no robô por pouco tempo o aumento do momento linear é pequeno. Agora, a mesma força atuando por mais tempo produzirá um aumento maior do momento linear. Dessa forma, é definida uma grandeza chamada **impulso** ( $\vec{I}$ ) que é dada pelo produto da **força** ( $\vec{F}$ ) pela **variação do tempo** ( $\Delta t$ ) (HEWITT, 2015). Considerando a direção e o sentido da força, temos na equação 3.10 a expressão matemática do impulso:

$$\vec{I}_F = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (3.10)$$

Portanto, a relação entre a variação momento linear e o impulso é,  $\vec{I}_F = \Delta \vec{p}$ , que mostra que o impulso produz uma variação no momento linear e este pode ser a causa de um impulso.

### 3.3 Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton

Nesta subseção, apresentamos a robótica, sua origem, sua utilização como ferramenta pedagógica, o robô de sumô e suas possibilidades para o estudo das Leis de Newton fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

#### 3.3.1 Origem da robótica

A ideia de construir máquinas capazes de desempenhar atividades humanas de forma autônoma já era imaginada desde épocas remotas. Na mitologia grega Hefesto, considerado o deus da tecnologia, filho de Zeus e Hera, constrói máquinas humanoides de bronze para auxiliá-lo nas tarefas que ele precisava fazer. A *Ilíada* de Homero, relata a existência de servas de voz "metálica" que auxiliavam o deus Hefesto na construção de armaduras para os guerreiros gregos (NEVESJÚNIOR, 2011).

Aristóteles (322 a.C), já tinha a ideia de colocar máquinas pra trabalharem de forma autônoma para realizar as tarefas repetitivas. Isso se evidencia em uma frase de Aristóteles, conforme citado por SOUZA (2008, p. 1), na qual ele afirma: “Se todo instrumento pudesse, dada uma ordem, trabalhar por si mesmo, como um arco que toca sozinho a cítara, os empreendedores poderiam dispor menos dos trabalhadores e os patrões dos escravos.”

Leonardo da Vinci (1452 - 1519), em 1495, projeta um dispositivo mecânico acoplado dentro de uma armadura de cavaleiro medieval e estas engrenagens mecânicas tinham o objetivo de reproduzir movimentos humanos. Segundo Silva (2009, p. 26):

No projeto, o cavaleiro tem pernas com três graus de liberdade e braços com quatro graus de liberdade (ombro, cotovelo, pulso e mãos). Os braços são controlados por um controlador mecânico analógico programável, localizado no peito. Já as pernas são controladas através de cabos conectados a locais chave nos tornozelos, joelhos e quadris.

Entretanto, este projeto não foi colocado em prática como aconteceu com muitos projetos de Leonardo da Vinci, pois a tecnologia disponível na época não permitia construí-los.

A denominação robô tem origem na obra de Karel Capek (1890 - 1938), "Rossum's Universal Robots"(R.U.R.), peça de teatro escrita em 1920, onde ele utilizou o termo "robota", que em tcheco significa trabalhador forçado (escravo) e em inglês originou a palavra robot. Nessa peça, os robôs tomavam conta da humanidade e acabavam por exterminar os humanos (LUCIANO, 2014).

Isaac Asimov (1920 - 1992), explorou bastante a ideia dos robôs existente no imaginário humano. Ele escreveu o livro de contos, "Eu, robô" publicado em 1950, que contém as três leis da robótica (ALMEIDA; MESQUITA, 2021).

1 - Um robô não deve ferir um ser humano, ou por omissão, permitir que um ser humano venha a ser ferido;

2 - Um robô deve obedecer ordens dadas por seres humanos, exceto quando essas ordens forem conflitantes com a primeira lei;

3 - Um robô deve sempre proteger sua própria existência, somente enquanto tal proteção não contrariar a primeira ou a segunda leis.

Na realidade elas não são leis, mas diretivas que desejamos que sejam obedecidas em um futuro onde robôs com inteligência artificial se tornem comuns.

### 3.3.2 A Modalidade Robô de Sumô

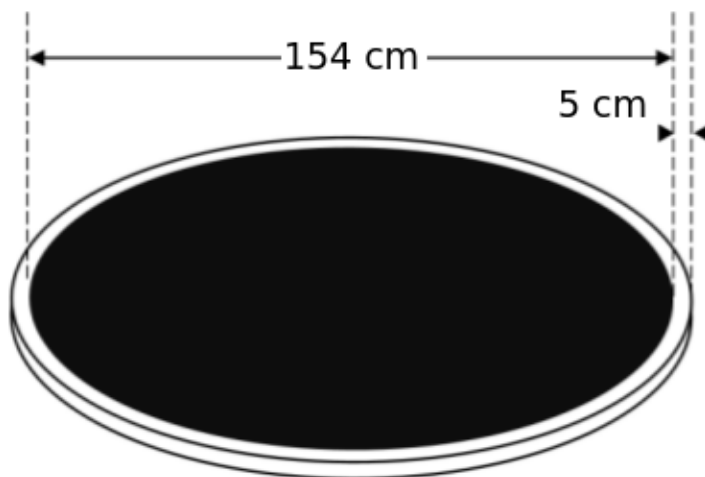
A modalidade robô de sumô tem origem no Japão, inspirada em uma luta tradicional japonesa, em que dois oponentes se enfrentam com o objetivo de empurrar o adversário para fora de uma área circular chamada dohyo, palavra que foi aportuguesada para dojô (NIEDERAUER *et al.*, 2008).

As regras dos combates como na competição Winter Challenge<sup>12</sup>, levam em conta aspectos éticos, comportamental e questões técnicas. Em relação ao robô do nosso estudo que está na categoria 3kg, podemos relacionar algumas das regras da Winter Challenge: a luta acontece em um ringue circular (dojô) de chapa de aço revestida com poliuretano, com bordas brancas e interior na cor preta, com 5,0 mm de espessura e 154,0 cm de diâmetro (Figura 13); o robô deve possuir a largura e o comprimento, de 20 cm cada e a altura é ilimitada; durante a luta, que tem no máximo 3 (três) rounds de 1 (um) minuto cada, os robôs não podem ter peças desprendidas que somem mais de 10g, resultando na derrota no round caso ocorra a situação; os robôs devem começar a se movimentar em não menos que 5 segundos após acionarem o botão.

O robô de sumô pode ser controlado a distância ou autônomo, conforme (CARVALHO *et al.*, 2008): "Um robô autônomo é uma máquina que pode trabalhar sem a ajuda externa". O robô de sumô autônomo do nosso estudo obedece a uma programação que é executado por um microcontrolador contido na placa Arduíno. Possui sensores pra controlar a movimentação no

<sup>12</sup> A Winter Challenge, organizada pela RoboCore, é um dos maiores eventos de robótica na América Latina e sua última edição contou com mais de 400 robôs divididos em 7 categorias. Fonte: <https://events.robocore.net/wcxv/entries>.

Figura 13 – Dojô de sumô de robô (categoria 3 kg).



Fonte: Adaptado de Niederauer *et al.* (2008).

dojô (sensores infravermelho) e sensores para localizar o oponente (sensor ultrassônico). Além disso, conta com um dispositivo chamado de ponte H, que controla o sentido de rotação dos dois motores.

### 3.3.3 A Plataforma Arduino como Recurso Pedagógico

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto formada por hardware e software e uma comunidade muito ativa que a mantém sempre em evolução. Esta comunidade é responsável por uma vasta produção de projetos, que ficam disponíveis na internet (ARDUINO, 2021). A placa do Arduino possui vários recursos para realizar uma prototipagem eletrônica e é projetado com o microcontrolador atmel AVR. O Arduino proporciona a produção de protótipos de forma rápida, fácil e com baixo custo. Por ser um hardware livre e possuir uma grande comunidade de usuários, ele está sempre sendo desenvolvido de modo a tornar-se uma ferramenta cada vez mais poderosa. (KALIL *et al.*, 2013)

O Arduino possui muitas vantagens a começar pela financeira, pois é relativamente barata; é de fácil manipulação, não é necessário ser um especialista em eletrônica ou em programação para produzir projetos utilizando esta plataforma; o Arduino possui código aberto, pois têm hardware e software livres, isso significa que qualquer pessoa pode a partir dele produzir outras versões, distribuir, dentre outras possibilidades. Sobre este tema, explicita McROBERTS (2011, p.20):

A maior vantagem do Arduíno sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Artistas, mais especificamente, parecem considerá-lo a forma perfeita de criar obras de arte interativas rapidamente, e sem conhecimento especializado em eletrônica. Há uma grande comunidade de pessoas utilizando Arduíno, compartilhando seus códigos e diagramas de circuito para que outros os copiem e modifiquem.

O uso educacional da plataforma Arduíno se popularizou pelas vantagens desta plataforma em relação às outras. A facilidade de manuseio torna o Arduíno uma ferramenta que utilizada como método ativo proporcionará ao estudante uma motivação para desenvolver seu potencial criativo, conforme SOUSA (2017, p. 37):

Ao utilizar o Arduíno, além de ter uma experiência inovadora em termos tecnológico, podemos entender o passo – a – passo daquilo que estamos construindo, seja um simples sensor ou até mesmo um robô. Isso faz com que professores que utilizam essa ferramenta tenham um domínio muito maior sobre aquele experimento que estão arquitetando, por exemplo, e isso reflete diretamente em sua aula e consequentemente na aprendizagem dos alunos.

Para o Ensino de Física a plataforma Arduíno se torna bem interessante devido aos vários sensores que podem ser instalados nela, possibilitando a coleta de dados de várias grandezas físicas de maneira prática. Aprofundando o assunto, enfatiza Sousa (2017):

Como pode ser utilizado em conjunto com sensores, o Arduíno se torna uma ferramenta muito útil em experimentos de física. Alguns exemplos disso são os diversos sensores que já são projetados propriamente para o Arduíno: existem sensores de umidade, de temperatura, de campo magnético, de corrente elétrica, de luz, etc. SOUSA (2017, p.38)

Assim, percebemos o grande potencial que tem a plataforma Arduíno na ensino experimental de física. Por sua versatilidade de aplicação nas várias áreas da física e por não exigir dos seus usuários grandes conhecimentos em programação e eletrônica. Além disso, o seu valor acessível, quando comparados com os kits de robótica disponíveis no mercado e sua comunidade forte na internet, que produz grande quantidade de conteúdo, torna o Arduíno uma excelente ferramenta para ser utilizada como recurso pedagógico.

### 3.3.4 Aprendizagem Significativa de Ausubel

Apesar de está mais ligada ao nome de David Ausubel, o conceito de aprendizagem significativa aparece em muitas outras teorias. Mas foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel que fez esta expressão ficar mais conhecida.

A aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação, encontra na estrutura cognitiva do indivíduo, outra informação que combinem de forma relevante (MOREIRA, 1999). Esta informação contida na estrutura cognitiva, que possui estas características de se combinar de forma relevante, foi chamada por Ausubel de subsunção.

Os conceitos, ideias, informações e a organização desse conteúdo todo é que compõe a estrutura cognitiva. Esta estrutura se modifica a medida que novas informações interagem com as informações que já pertencem a estrutura (MOREIRA, 1999). O conhecimento que forma a estrutura cognitiva é organizado de forma hierárquica de tal modo que os conhecimentos mais gerais, altamente inclusivos ficam no topo, enquanto os conhecimentos mais específicos, menos inclusivos ficam na base desta hierarquia (AUSUBEL, 2003).

Na estrutura cognitiva do aprendiz existem ideias nas quais novas ideias serão ancoradas, ou seja, elas irão se articular de forma não-arbitrária e substantiva. Não-arbitrária significa que as ideias vão interagir (tanto as ideias já existentes na estrutura cognitiva quanto as novas que chegam sofrem modificações) com as ideias ancoradas de forma lógica, explícita, clara. E de forma substantiva ou não-literal, ou seja, o aprendiz deve ser capaz de expressar estas novas ideias com suas próprias palavras (AUSUBEL, 2003).

Para um material ser considerado potencialmente significativo, dois critérios devem ser obedecidos por ele. Primeiro, capacidade de se relacionar de forma não-arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo, ele deve ter condições de se relacionar com a estrutura cognitiva de um aprendiz em particular. Ou seja, este critério depende tanto do material quanto do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Portanto, as condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material utilizado seja potencialmente significativo e haja predisposição do aprendiz para aprender dessa forma.

### 3.3.5 Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton

As características da batalha entre robôs de sumô, possibilita explorar os conceitos relacionados às Leis de Newton de uma maneira elegante, sem a necessidade de criar situações artificialmente, já que os fenômenos que acontecem durante a batalha são regidos pelas leis de Newton.

Ademais, o robô de sumô se caracteriza como um material potencialmente significativo, pois as ações de empurrar, parar, mudar de direção, dentre outras manobras executadas pelo robô,

estão presentes no dia a dia deles. Quando, por exemplo, eles utilizam bicicletas, skates, jogam futebol e até mesmo jogos virtuais. Então, essas ideias fazem parte das experiências da maioria dos aprendizes e podem se relacionar de forma **não-arbitrária** e **substantiva** com os conceitos relacionados às Leis de Newton. Nas palavras de Moreira (2011, p.26):

A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, isto é, a algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. É desta interação que emergem, para o aprendiz, os significados dos materiais potencialmente significativos[...].

Como já mencionado anteriormente, o objetivo principal da luta é colocar o adversário para fora do dojô. Dessa forma, um robô deve atacar o oponente empurrando e se defendendo através da execução de manobras para escapar de prováveis invertidas. Para isso, é necessário aplicação de forças para acelerar e desacelerar, nessas ações deve-se considerar a propriedade inércia e a necessidade de alterá-la através da escolha da massa mais adequada para o robô.

Além disso, as forças de ação e reação que atuam entre os pneus do robô e o dojô, devido ao atrito entre as superfícies dos mesmos, podem ser aumentadas através da modificação dos fatores que contribuem para intensificar o atrito entre as superfícies, possibilitando uma melhor tração.

Durante a luta, o momento linear de um robô pode variar. Para que isso aconteça é necessário que ocorra a variação da massa e/ou da velocidade. Mas, como durante a luta não é permitido acréscimo ou decréscimo de massa, consideramos que a variação do momento linear é devido a variação da velocidade. Então, existe uma força atuando sobre o robô e conseqüentemente uma aceleração.

Outra grandeza que deve ser considerada é o tempo. Quando uma força atua no robô por pouco tempo o aumento do momento linear é pequeno. Agora, a mesma força atuando por mais tempo produzirá um aumento maior do momento linear. Dessa forma, é definida uma grandeza chamada **impulso** ( $\vec{I}$ ) que é dada pelo produto da **força** ( $\vec{F}$ ) pela **variação do tempo** ( $\Delta t$ ) (HEWITT, 2015).

Portanto, para melhorar o desempenho do robô de sumô é fundamental conhecer estas grandezas e fazer modificações na estrutura do robô para manipular os valores das mesmas.

## 4 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Neste momento apresentamos cada etapa da sequência didática que usa a robótica para abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton. Isso será consolidado através da utilização dos conceitos físicos para montagem e aprimoramento de robôs de sumô.

Inicialmente, os temas Leis de Newton e robótica serão abordados em atividades separadas, mas a partir do sexto encontro os dois temas se unem em torno do desenvolvimento do robô de sumô. Faremos isso utilizando os conceitos físicos relacionados às Leis de Newton para melhorar a mecânica do robô e a robótica como fator motivador.

Esta sequência didática foi planejada para ser aplicada de forma híbrida, com 16 (dezesesseis) encontros presenciais e atividades remotas de forma assíncrona. Isso se justifica porque a carga horária destinada a Física na formação geral básica, geralmente, é reduzida e não possibilita aplicação deste produto integralmente de forma presencial. Assim, as atividades práticas com manipulação de dispositivos reais, serão feitas presencialmente em 1 (uma) hora/aula semanal, até completar as 16 (dezesesseis) horas/aula. Ademais, este produto pode (e deve) ser aplicado anualmente, assim a cada nova turma mais melhorias serão acrescentadas no robô, dessa maneira ele permanecerá sempre em evolução e a cada ano teremos uma nova geração do robô.

### 4.1 Sequência Didática para Abordar as Leis de Newton Utilizando Robôs de Sumô como Material Potencialmente Significativo

A sequência didática consiste em 16 (dezesesseis) horas/aulas realizadas em 16 (dezesesseis) encontros.

#### 4.1.1 Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste.

**Aplicação do pré-teste sobre Conhecimentos Prévios e Conceitos Intuitivos das Leis de Newton; Comunicar aos participantes sobre o link para acessar o google forms e responder o questionário II.**

Neste primeiro momento, após a apresentação do produto educacional a ser desenvolvido e do esclarecimento de possíveis dúvidas, aplica-se o pré-teste para verificar os conhecimentos prévios e os conceitos intuitivos dos alunos sobre as Leis de Newton (ANEXO A). Na 3.1.1 [Force Concept Inventory \(FCI\)](#), apresentamos as informações sobre este pré-teste.



Abaixo, seguem as orientações para aplicação do pré-teste, que devem ser seguidas de forma rigorosa para não comprometer os dados coletados.

### **ORIENTAÇÕES PARA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE (ANEXO A)**

1. Fornecer uma cópia impressa do pré-teste pra cada aluno, verificando se a mesmo contém todas as questões;
2. Após o cabeçalho deve constar todas as instruções necessárias para realização do pré-teste;
3. O professor não deve, em hipótese nenhuma, oferecer dicas para solução das questões;
4. O pré-teste é individual e não é permitido qualquer tipo de consulta. Os alunos devem ficar afastados uns dos outros para impedir qualquer tipo de comunicação entre eles;
5. O tempo previsto para conclusão do pré-teste é 50 minutos;
6. O aluno deve assinalar apenas uma opção em cada questão e não devem deixar nenhuma questão sem responder;
7. As respostas dos alunos devem refletir o que ele pensa com base em estudos anteriores e as experiências do dia a dia dele. O aluno não deve tentar adivinhar as respostas, ou seja, ele não deve tentar "chutar" as respostas;
8. As questões não devem ser divulgadas nem discutidas com os alunos. O professor deve guardar as cópias aplicadas para que somente ele tenha acesso. Dessa forma, sem a divulgação das questões, elas poderão ser utilizadas em outras oportunidades sem a perda da confiabilidade.

Além das instruções apresentadas acima, temos que o pré-teste é composto por quatorze questões relacionadas às Leis de Newton. A dinâmica da aplicação consiste na distribuição do material impresso do pré-teste pra cada aluno, em seguida fizemos a leitura e a cada questão lida as dúvidas eram esclarecidas<sup>1</sup> e por fim eram concedidos 20 segundos para os alunos escolherem uma das cinco opções. E assim foi feito com cada questão, sendo 50 minutos o tempo total para aplicação do pré-teste.

De posse dos pré-testes, após o término do primeiro encontro, o professor analisará, minuciosamente, as respostas para detectar conceitos subsunçores e os conceitos intuitivos dos alunos relacionados com os conceitos da mecânica newtoniana, com o intuito de utilizá-los no

<sup>1</sup> Somente esclarecimento de dúvidas que não contribuam para a resolução da questão, por exemplo, uma palavra ilegível, o significado de uma palavra e outros.

desenvolvimento das atividades. Para isso, o professor deve utilizar os quadros 1, 2 e as respostas dadas ao pré-teste para verificar se os alunos usam as concepções da mecânica newtoniana ou conceitos intuitivos para responder as questões. O quadro 1 apresenta os numerais que identificam as questões do pré-teste e do pós-teste e o correspondente conceito newtoniano mais relevante abordado em cada uma delas.

Quadro 1 – Questões dos Testes e os Respectivos Conceitos Abordados

CONCEITOS DE NEWTONIANOS	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Cinemática	01, 06, 10, 13	01, 12, 13
Primeira Lei de Newton	04, 05, 07, 08 12	04, 08, 09
Segunda Lei de Newton	03, 09, 11	03, 05, 06, 07, 10, 11
Terceira Lei de Newton	02, 14	02, 14

Fonte: Adaptado de Fernandes (2011) e Han *et al.* (2015)

Além disso, temos o quadro 2 com os conceitos intuitivos mais utilizados pelos alunos de física na resolução das questões do FCI, conforme estudo de Hestenes. De acordo com Brutti *et al.* (2000), os conceitos intuitivos surgem e se fortalecem basicamente da interação com o mundo físico e são ampliado com base na experiência, através de modelos restritos e complementares.

Portanto, caso seja constatado que os alunos não possuem os conceitos subsunçores para ancorar os novos conhecimentos sobre as Leis de Newton, é necessário usar um **organizador prévio**, que será aplicado no terceiro encontro da nossa sequência didática. Voltaremos a falar sobre o organizador prévio no segundo encontro, na subseção 4.1.3.

Encerra-se este encontro, lembrando aos participantes sobre o link que será enviado através do e-mail ou whatsapp, para eles acessarem o google forms e respondam o questionário II (APÊNDICE C), sobre ferramentas digitais.

4.1.2 Segundo Encontro: Aplicação do questionário I; simulador Tinkercad e placa Arduino.

**Questionário (I) para detectar informações sobre os participantes da pesquisa (08 minutos); apresentação e aplicação do simulador Tinkercad e da placa Arduino (40 minutos).**

Neste encontro, prepara-se a sala montando computador e o data show e acessando<sup>2</sup> o site do Tinkercad para fazer a apresentação do simulador de circuitos elétricos e organiza-se o

<sup>2</sup> Acessamos a internet usando dados do celular e funcionou a contento.

Quadro 2 – Uma taxonomia de conceitos intuitivos sondados pelo FCI

CONCEITO INTUITIVO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
<b>Cinemática</b>		
Não discriminação entre posição e velocidade	13B,D	—
Não discriminação entre velocidade e aceleração	13A	13B,C,D
Composição não vetorial da velocidade	6C	—
Sistema de referência egocentrado	—	12A,B
<b>Ímpetus</b>		
Necessidade de uma força para haver movimento	3C,D,E; 5D; 8B,C	3B,D,E
Perda e recuperação do ímpetus original	5C,E	4D; 6A
Dissipação do ímpetus	7C; 9A,B,C; 10C,D,E	12E; 8D; 9C,E
Acúmulo gradual ou atrasado do ímpetus	7B,D; 11C	6D;8E;9B;11C
Ímpetus circular	4A	4A,D
<b>Força Ativa</b>		
Somente agente ativo exerce força	2D; 12E; 14B	14B
Velocidade proporcional à força aplicada	11A	7A; 11A
Força causa aceleração à velocidade terminal	11D	7D; 11D
Desgaste da força ativa	—	7C,E
Movimento implica em força ativa	—	5D
<b>Par Ação e Reação</b>		
Maior massa implica em maior força	2B; 12C; 14D	2A,D; 14D
O agente mais ativo produz a maior força	2C;14D	14D
<b>Concatenação de influências</b>		
Maior força determina o movimento	12A,D	10E
A combinação das forças determina o movimento	4D;10A	4C; 6C; 8B;12C
A última força que atua determina o movimento	5A; 6B	6B; 8C
<b>Outras influências no movimento</b>		
Força centrífuga	3E; 4C,D,E	4C,D,E; 5E
Obstáculos não exercem força	3A; 8A,B; 2E	2C; 3A; 5A
Só existe movimento se a força superar a resistência	—	10A,B,D;
A gravidade é intrínseca à massa	9E	—
Resistência que se opõe à força/ímpetus	—	11B
A gravidade atua depois que o ímpetus é gasto	10C,D,E; 9B	12E
Objetos pesados caem mais rápido	1B,D	1B,D

Fonte: Adaptado de Hestenes *et al.* (1992) e Fernandes (2011)

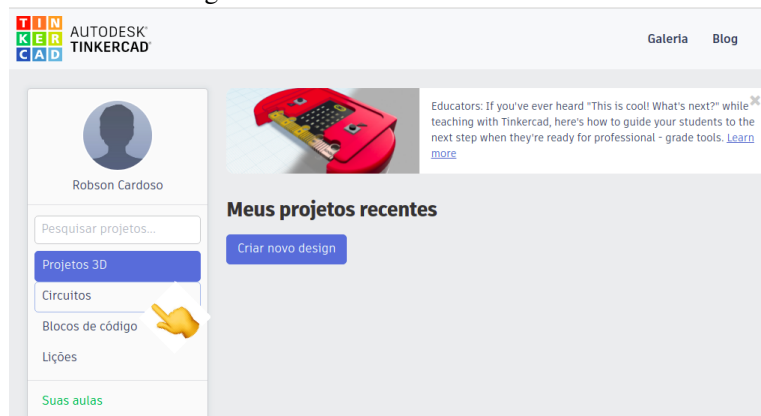
dispositivos eletrônicos reais para montagem o pisca LED.

Inicialmente, aplicamos um questionário I (APÊNDICE B), que contém 05 (cinco) questões para detectar informações sobre os participantes da pesquisa, que são úteis para as tomadas de decisões sobre o desenvolvimento das atividades. Cada aluno recebeu uma cópia escrita do questionário e após as instruções, eles responderam e nos devolveram.

Na sequência, apresentamos o simulador Tinkercad descrevendo como ele pode ser utilizado para criar projetos virtuais de robótica, que posteriormente podem ser montados com

dispositivos reais. Para utilizar o simulador Tinkercad, primeiro deve-se fazer a inscrição no seguinte endereço: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com). Após fazer a inscrição, seleciona-se a opção "circuitos" na tela inicial, como está indicado na Figura<sup>3</sup> 14.

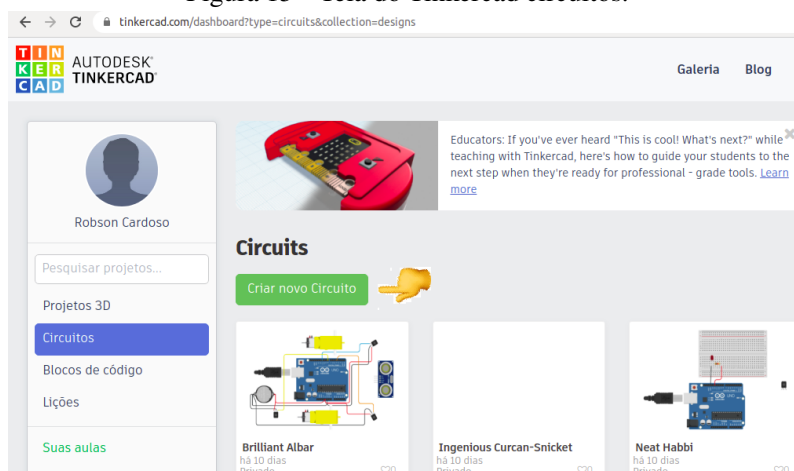
Figura 14 – Tela inicial do Tinkercad.



Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

Em seguida, aparecerá a tela apresentada na Figura<sup>4</sup> 15, seleciona-se a opção "criar novo circuito" como está indicado. Nesta tela, também ficam organizados os projetos que vão sendo produzidos.

Figura 15 – Tela do Tinkercad circuitos.



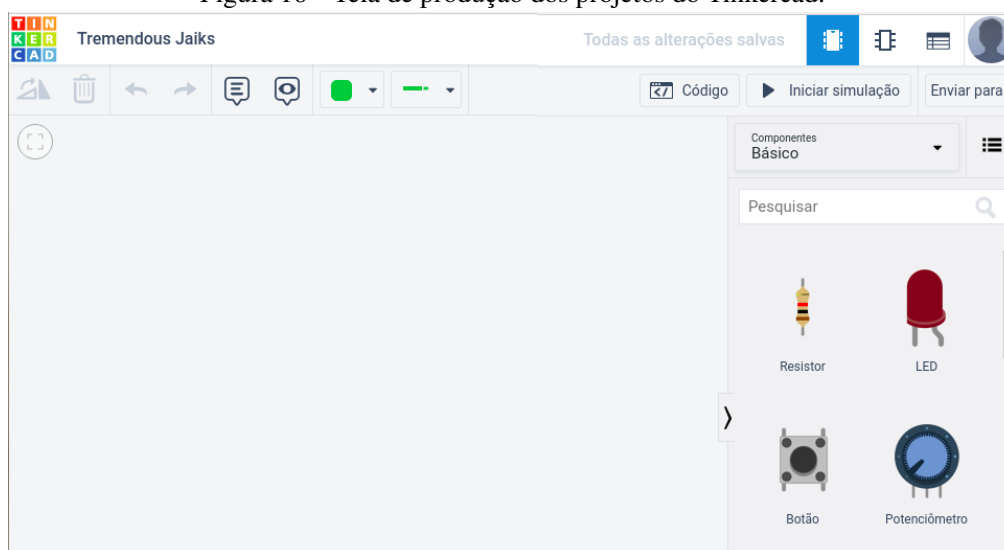
Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

<sup>3</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard>. Acesso em: 20 out 2021.

<sup>4</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard?type=circuitscollection=designs>. Acesso em: 20 out 2021.

Na Figura<sup>5</sup> 16, apresenta a tela onde são desenvolvidos os projetos no Tinkercad. No lado direito temos os dispositivos, que utiliza-se da seguinte forma: clica-se em cima do dispositivo escolhido com botão esquerdo do mouse (ou do touchpad do notebook), mantendo o botão pressionado, arraste-o para meio da tela onde o circuito será montado. Então, a partir dos projetos como o da Figura 17, é possível reproduzir a montagem do circuito eletrônico e o sketch (código de programação em blocos), pois a utilização dos comandos do simulador Tinkercad é bem amigável.

Figura 16 – Tela de produção dos projetos do Tinkercad.



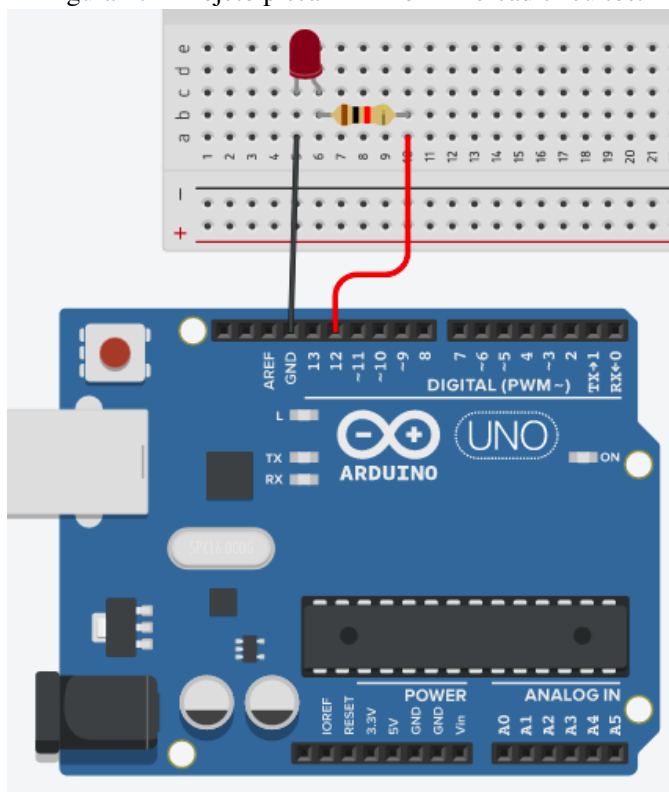
Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

Dando continuidade a atividade, a turma foi dividida em quatro equipes e cada equipe recebeu uma placa Arduíno, um LED, um resistor de 300 ohms e jumpers ( fios pra fazer a ligação). Em tempo real, montamos o circuito no Tinkercad e os participantes com os dispositivos reais reproduziam cada passo do projeto.

Na Figura 17, temos o GND conectado ao terminal negativo do LED e o terminal positivo está ligado ao resistor e neste é feita a conexão com o pino digital 12 (doze) da placa Arduíno. Vale ressaltar que, como todo diodo, o LED só permite a passagem de corrente em um único sentido. Dessa forma, para que o LED acenda é importante seguir rigorosamente as instruções de ligação apresentadas acima e na Figura 17.

<sup>5</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/things/gsahSuVTFvd-tremendous-jaiks/editel?tenant=circuits>. Acesso em: 20 out 2021.

Figura 17 – Projeto pisca LED no Tinkercad circuitos.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 18, temos o primeiro bloco (cor azul) que define o pino 12 (doze) como ALTO, ou seja, o LED está ligado. O segundo bloco (cor laranja) informa que o LED permanecerá ligado por 1 (um) segundo. O terceiro bloco, define que o pino 12 (doze) como BAIXO, ou seja, o LED está desligado. E o último bloco, informa que o LED ficará desligado por 1 (um) segundo.

Figura 18 – Código em bloco pisca LED no Tinkercad circuitos.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 19, temos o sketch na forma de texto e na função void setup a declaração que o pino 12 (doze) está programado como output (saída), ou seja, desse pino sai a informação com o comando pro LED ligar ou desligar. Os comandos da função void loop se repetem enquanto a placa Arduino estiver ligada. Por exemplo, o primeiro comando é para ligar o LED, o segundo é para o LED ficar ligado por 1 segundo, o terceiro manda o LED desligar, o quarto é para o LED ficar apagado por 1 segundo e a partir daí estes comandos se repetem enquanto a placa estiver ligada.

Figura 19 – Código em texto pisca LED no Tinkercad circuitos.

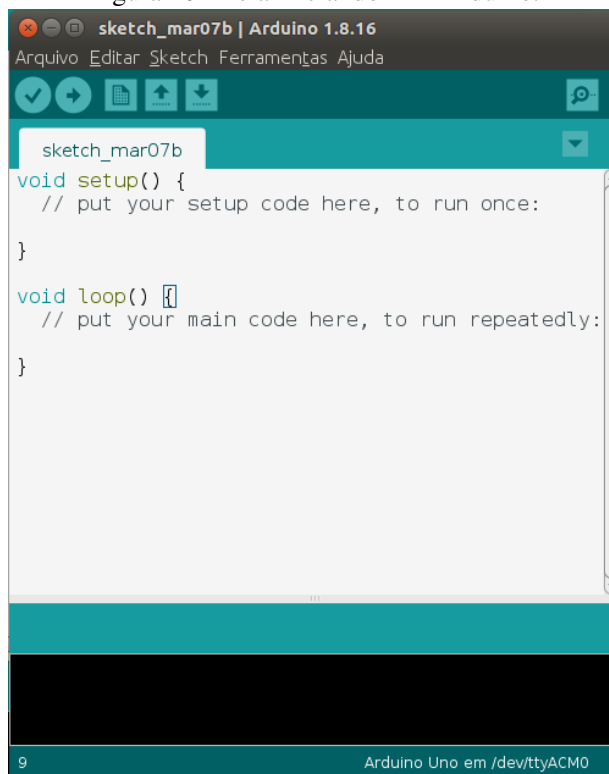
```
1 // C++ code
2 //
3 void setup()
4 {
5   pinMode(12, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(12, HIGH);
11  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
12  digitalWrite(12, LOW);
13  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
14 }
```

Fonte: Próprio autor (2022).

Após a montagem do circuito e a elaboração do sketch, deve ser feita a conexão entre a placa Arduino e o computador para carregar o sketch na placa, ou seja, para transferi-lo do IDE do Arduino para a placa. Para fazer isso, deve-se copiar o sketch na forma de texto que foi produzido no Tinkercad, por exemplo, o sketch mostrado na Figura 19. A tela inicial do IDE Arduino já aparece com a estrutura de texto do sketch, void setup e void loop (Figura 20). Deve-se apagar esta estrutura de texto e depois com a tela limpa colar o sketch que foi copiado do Tinkercad.

O próximo passo é examinar se o sketch possui erros, isso é feito através do botão "verificar", que está no lado esquerdo no alto da tela, junto com outros comandos do Arduino (Figura 20). Estes mesmos comandos (**verificar**, **carregar**, **novo**, **abrir**, **salvar** e **monitor serial**) estão destacados na Figura 21, com uma breve descrição da função que cada um desempenha. Após verificar o sketch, conecta-se o computador à placa Arduino do projeto pisca LED utilizando

Figura 20 – Tela inicial do IDE Arduino.



Fonte: Capturado da tela inicial do IDE Arduino.

o cabo USB. Em seguida, deve-se confirmar, na opção "ferramentas", se a placa selecionada é **Arduino Uno**. Então, carrega-se o sketch na placa Arduino acionando o botão "carregar". Em poucos segundos o processo de carregamento é concluído e o LED do circuito deve começar a piscar.

Figura 21 – Principais comandos do do IDE Arduino.



Fonte: Comandos do IDE Arduino.



A combinação destas duas ferramentas, o Tinkercad que possibilita a criação de projetos virtuais e a plataforma Arduíno que viabiliza a construção do projetos reais, se apresenta como um poderoso recurso para o processo de ensino e aprendizagem.

#### 4.1.3 Terceiro Encontro: Organizador prévio; Formação das equipes; Primeira Lei de Newton.

**Organizador prévio (25 minutos); Formação das equipes (10 minutos); Texto sobre a Primeira Lei de Newton (15 minutos).**

Neste encontro, o professor deve ter decidido, a partir da análise das respostas dadas ao pré-teste, se os alunos possuem os conceitos subsunçores para o estudo das Leis de Newton e se é necessário ou não usar o organizador prévio. Em caso afirmativo, inicia-se a atividade com o jogo digital Newtônia, que será utilizado como organizador prévio.

O **Jogo Digital Newtônia**, disponível em [fisicagames.com.br](http://fisicagames.com.br), foi desenvolvido por (SILVA, 2020) e relatado na sua dissertação de mestrado. As situações do jogo foram criadas a partir de questões do Force Concept Inventory (FCI), pra atuar como **organizador prévio**, ou seja, para possibilitar a formação de ideias âncoras e o desenvolvimento da aprendizagem significativa das Leis de Newton (SILVA, 2020). O jogo é bem intuitivo e os comandos são bem simples. Na tela inicial do jogo têm duas opções: iniciar ou sair. Após clicar em iniciar, os comandos no teclado para jogar são: seta para direita, o personagem anda para direita; seta pra esquerda, o personagem anda para esquerda; barra de espaço, o personagem pula.

E por fim, apresentou-se um vídeo<sup>6</sup> com todas as fases do jogo Newtônia, identificando as situações do jogo relacionadas com as Leis de Newton e orienta-se os alunos para utilizarem o jogo como atividade extraclasse. Ademais, enviamos um questionário (APÊNDICE D) via google forms sobre o Newtônia para reforçar as situações importantes do jogo.

Dessa forma, caso não seja utilizado o organizador prévio, este encontro terá início com a formação das equipes. Serão formadas quatro equipes com três ou quatro componentes cada. Os critérios para formação das equipes devem levar em conta as informações colhidas no pré-teste e no questionário II aplicado no primeiro encontro e enviado pelo google forms, respectivamente. Dessa forma, procuramos tornar a equipe o mais heterogênea possível, por exemplo, alunos com habilidades semelhantes devem compor equipes diferentes.

<sup>6</sup> Este vídeo está disponível no youtube através do link: <https://youtu.be/JfqWwSgaiU0>

## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Em seguida o professor abordará a Primeira Lei de Newton, utilizando trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e não newtonianos detectadas no pré-teste. Após a leitura e discussão do texto encerra-se o terceiro encontro. Ademais, antecipadamente envia-se um vídeo<sup>7</sup> para os alunos com uma leitura comentada do texto para que os participantes tenham a oportunidade de explorar o texto de forma antecipada.

**Primeira Lei de Newton: Todas as coisas permanecem em repouso ou se movem em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas.**

Bem, a primeira parte da lei é simplíssima. Tudo o que não está se movendo só vai se mover se alguma coisa lhe der um empurrão. Fácil.

A segunda parte é mais interessante. Diz que todas as coisas que estão em movimento continuarão se movendo para sempre em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas. Imagine que você esteja num carro, numa velocidade constante, numa estrada reta e plana. Se você fechar os olhos e tapar os ouvidos, não será capaz de dizer em que velocidade está se movendo — pode ser até que nem saiba se está parado ou não. Isso porque não há nenhuma força agindo sobre você e você pode ficar confortavelmente sentado no seu banco.

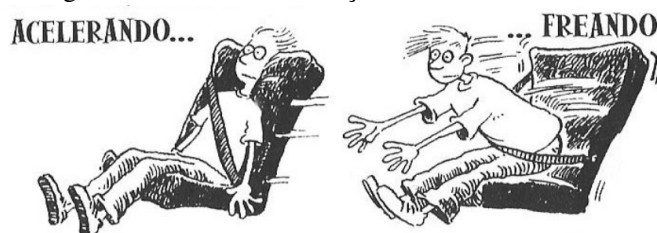
Se de repente o carro acelerar, você vai perceber, porque se sentirá empurrado para trás no seu banco pela força que vai agir sobre você. Claro, depois que o carro alcançar a velocidade mais rápida e parar de acelerar, você não sentirá mais essa força. Se o carro frear de repente, a velocidade rapidamente diminuirá e você vai se sentir lançado para a frente. É por isso que você deve usar o cinto de segurança: ele proporciona a força necessária para reduzir sua velocidade.

Se o carro fizer curvas, você também vai sentir, porque será jogado para um lado ou outro pelas forças que vão agir então.

Se você for a uma dessas montanhas-russas que fazem loops, ela vai acelerar você, desacelerar você, empurrar você não só para o lado mas também verticalmente, quando você

<sup>7</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/5oeuQqM42tM>

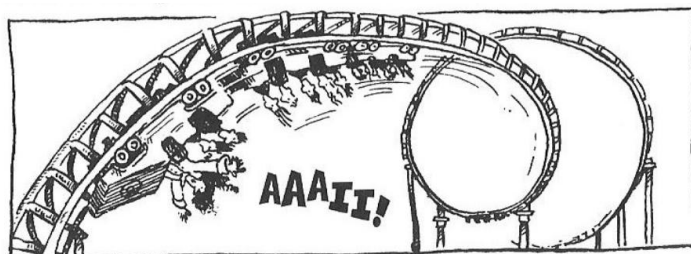
Figura 22 – Efeitos da variação brusca da velocidade.



Fonte:Poskitt (2009).

virar de cabeça para baixo no loop. Quer dizer, você vai sentir uma porção de forças, que provêm das mais diferentes direções, agindo sobre você, e é isso que torna o brinquedo tão excitante!

Figura 23 – Movimento de uma montanha-russa.

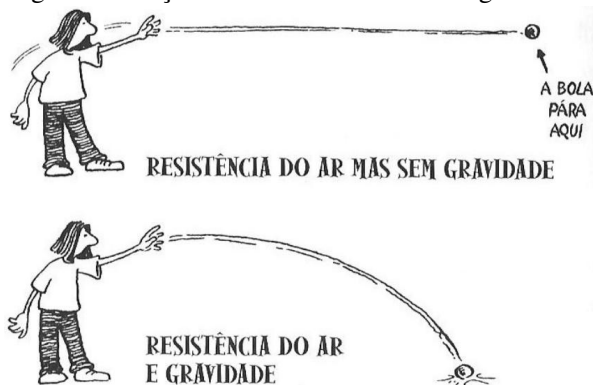


Fonte:Poskitt (2009).

Recapitulando: quando se acelera, se desacelera ou se faz uma curva, sempre tem uma força agindo. É essa a Primeira Lei de Newton.

Tem outra ideia mais interessante ligada a ela: Se a gente atirar uma bola para a frente, duas forças estarão agindo sobre ela enquanto ela se afasta. A resistência do ar reduz gradativamente a velocidade da bola, e, ao mesmo tempo, a gravidade puxa a bola para o chão.

Figura 24 – Ação da resistência do ar e da gravidade.



Fonte:Poskitt (2009).

Não fossem essas forças, a bola voaria em linha reta sem parar até o fim do universo!

Figura 25 – Trajetória de uma bola arremessada.



Fonte:Poskitt (2009).

Essa é boa, hein?

#### 4.1.4 Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos; Segunda Lei de Newton.

##### **Projeto de robótica - semáforo para veículos (35 minutos); Discussão de texto sobre a Segunda Lei de Newton (15 minutos).**

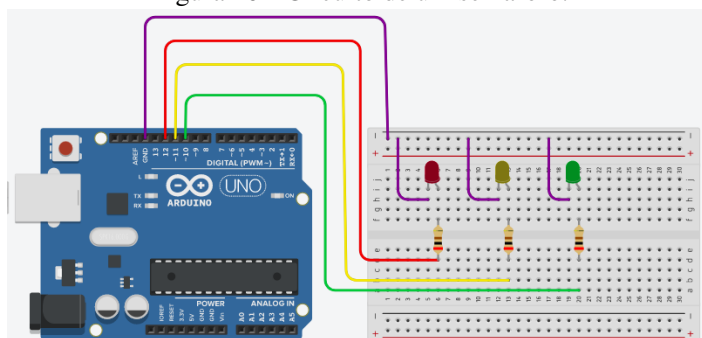
Neste encontro, as equipes que foram formadas no encontro anterior, devem montar o circuito de um semáforo, possibilitando mais aprendizagens sobre a placa Arduino. Deve ser enviado para as equipes, de forma bem antecipada um vídeo,<sup>8</sup> mostrando a simulação da montagem do circuito utilizando o Tinkercad. No vídeo, também mostra-se a elaboração do código de programação (sketch) em blocos, que automaticamente gera o código de programação em texto, o qual deve ser explicado linha por linha. Finalmente, faz-se a simulação do semáforo pra verificar se está funcionando conforme esperado.

Usando o data show e utilizando os dados móveis do celular para acessar o site do Tinkercad, faz-se o passo a passo da montagem do circuito através do simulador. Dessa forma, os participantes acompanham e montam o semáforo com os dispositivos reais.

Para a montagem do circuito de simulação do semáforo é necessário uma placa Arduino, três LEDs nas cores vermelha, amarela e verde, três resistores de 200 ohms, uma placa de ensaio (protoboard) e jumpers (fios para conectar os componentes do circuito). A Figura 26 apresenta o esquema das ligações do circuito do semáforo configurado no Tinkercad.

<sup>8</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/ZmN2b-3xZiE>

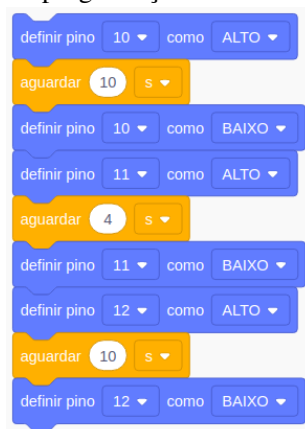
Figura 26 – Circuito de um semáforo.



Fonte: Próprio autor (2020).

O código de programação em blocos para o circuito do semáforo é mostrado na Figura 27, de tal modo que o LED verde permanece acionado por 10 segundos, em seguida, o amarelo por 4 segundos e por último o vermelho por 10 segundos. A partir desse momento o verde é acionado novamente e processo começa a se repetir.

Figura 27 – Código de programação em bloco do projeto semáforo.



Fonte: Próprio autor (2020).

De forma mais detalhada, o que acontece é o seguinte: o primeiro bloco azul define o pino 10 como ALTO (ligado), este comando acende o LED verde, que está conectado ao pino 10. O segundo bloco, que é amarelo, manda o LED verde permanecer aceso por 10 segundos.

O terceiro bloco define o pino 10 como BAIXO (desligado), este comando apaga o LED verde. E imediatamente, o LED amarelo acende, porque o bloco seguinte define o pino 11 como ALTO (ligado). O quinto bloco ordena que o LED amarelo permaneça ligado por 4 segundos.

O sexto bloco traz um comando que desliga o LED amarelo e o sétimo bloco de forma instantânea liga o LED vermelho, porque ele define o pino 12 como ALTO. O oitavo bloco

manda o LED vermelho permanecer acionado por 10 segundos e o último bloco faz o LED vermelho apagar.

Como estes comandos estão na função void loop, ao chegar no último bloco, instantaneamente, o programa volta a fazer a leitura do primeiro bloco, acendendo o LED verde novamente e esses comandos vão ficar se repetindo enquanto a placa Arduino estiver ligada. A Figura 28 traz o sketch<sup>9</sup> do projeto semáforo, só que utilizando a configuração do código de programação em texto.

Figura 28 – Código de programação em texto do projeto semáforo.

```

1 void setup()
2 {
3   pinMode(10, OUTPUT);
4   pinMode(11, OUTPUT);
5   pinMode(12, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(10, HIGH);
11  delay(10000); // Wait for 10000 millisecond(s)
12  digitalWrite(10, LOW);
13  digitalWrite(11, HIGH);
14  delay(4000); // Wait for 4000 millisecond(s)
15  digitalWrite(11, LOW);
16  digitalWrite(12, HIGH);
17  delay(10000); // Wait for 10000 millisecond(s)
18  digitalWrite(12, LOW);
19 }

```

Fonte: Próprio autor (2020).

Após a conclusão da montagem do semáforo, copia-se o sketch na forma de texto criado no Tinkercad e acessa-se o IDE<sup>10</sup> do Arduino onde deve ser colado o sketch, depois clica-se em verificar, se estiver tudo certo, carrega-se o sketch na placa Arduino através do cabo USB.

## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Dando continuidade a apresentação das Leis de Newton, nesse encontro o professor abordará a Segunda Lei de Newton utilizando um trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e

<sup>9</sup> Sketch é o nome que o Arduino usa para código de programação.

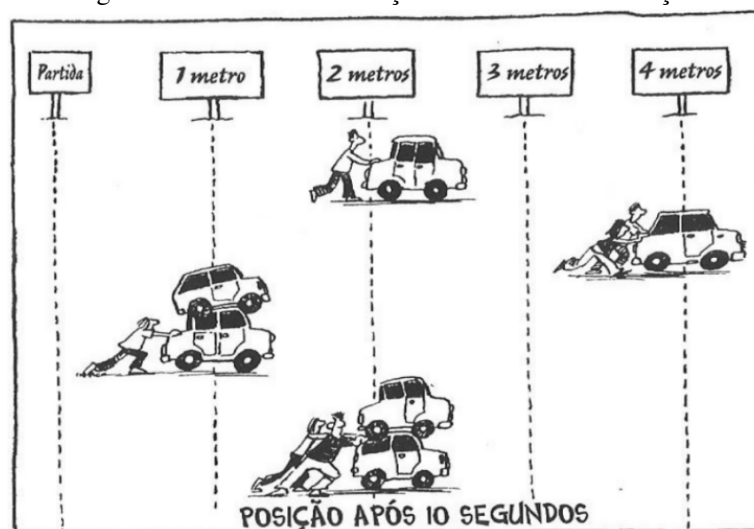
<sup>10</sup> Integrated Development Environment, que em português significa: Ambiente de Desenvolvimento Integrado. Ou seja, é o ambiente onde é feita os sketches (código de programação) para a placa Arduino.

não newtonianos detectadas no pré-teste. Um vídeo<sup>11</sup> com a leitura e comentários desse texto, deve ser enviado de forma antecipada para os alunos.

**Segunda Lei de Newton: A mudança de movimento depende da intensidade da força.**

Já tentou empurrar sozinho um carro? No começo, para movê-lo, você tem de empurrar com muita força. Isso porque o carro está ganhando velocidade, em outras palavras, está acelerando — o que consome força. Quando o carro atingir a velocidade que você deseja, você já não precisará empurrar com tanta força para que ele continue andando. (Quando o carro estiver andando rápido o suficiente, você só precisará fazer força para empurrar o ar para fora do caminho e superar o atrito das rodas.)

Figura 29 – Influência da força e da massa na aceleração.



Fonte: Poskitt (2009).

Se você dispuser de alguém para ajudá-lo, o carro vai receber o dobro de força — e você vai ver que ele ganhará velocidade duas vezes mais rápido. Já se você empurrar dois carros, eles só vão ganhar a metade da velocidade.

Essa lei tem uma fórmula que provavelmente é a fórmula mais importante da física:

**Força = Massa X Aceleração** ou **F = MA**, para abreviar

Claro que não fica nada claro escrever uma coisa como “força igual a massa vezes aceleração” sem explicá-la, por isso na primeira parte dos Principia Isaac tomou o cuidado de

<sup>11</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/rMvnOr18mJE>

dizer com exatidão o que cada palavra significa. Vamos descobrir:

### ACELERAÇÃO

Já vimos o que é aceleração quando falamos do Galileu: significa com que rapidez sua velocidade está mudando. Imagine que você esteja indo a um metro por segundo, um segundo depois a dois metros por segundo, um segundo depois a três metros por segundo... A sua velocidade estará aumentando um metro por segundo a cada segundo ou, como se costuma dizer — muito confusamente, convenhamos —, um metro por segundo por segundo. Você pode escrever assim:  $1\text{m/s}^2$ , o que só complica um pouco mais as coisas, de modo que vamos em frente...

### MASSA (e como perder peso facilmente!)

Hoje em dia, a massa é medida em quilogramas. Ela depende do volume e da densidade do objeto, ou, em palavras mais simples, do tamanho e da consistência dele.

Imagine que você tenha um tijolo e uma esponja do mesmo tamanho. O tijolo vai ter muito mais massa, porque é mais denso. Claro, se sua esponja fosse mil vezes maior que o tijolo, seria mais pesada, porque você teria muito mais esponja.

O esquisito é que massa não é a mesma coisa que peso. Você pode verificar isso pessoalmente: basta ter uma balança e um foguete espacial. Faça o seguinte:

1. Suba na balança e veja qual o seu peso — por exemplo, 50 kg.

Figura 30 – Menina medindo o peso dela na Terra.

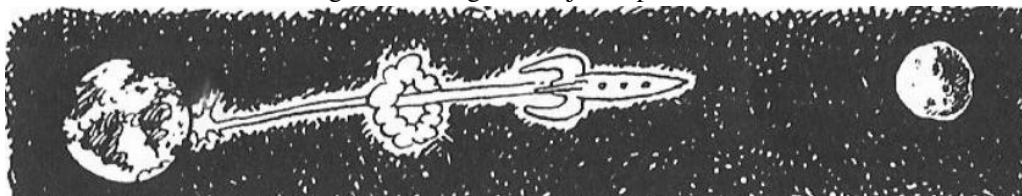


Fonte: Poskitt (2009).



2. Pegue sua balança, entre no foguete e voe até a Lua.

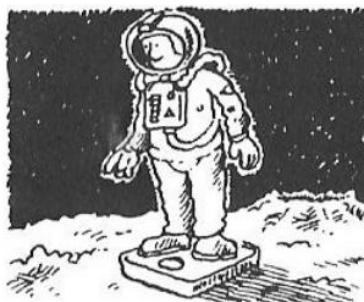
Figura 31 – Foguete viajando pra Lua.



Fonte: Poskitt (2009).

3. Quando descer na Lua, suba de novo na balança. Você vai ver que seu peso é mais ou menos 8 kg. Nossa!

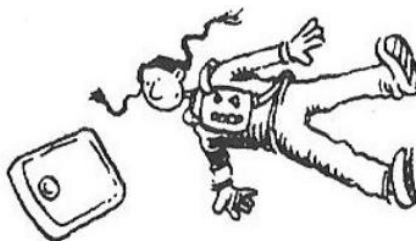
Figura 32 – Menina medindo o peso dela na Lua.



Fonte: Poskitt (2009).

4. Volte para casa no foguete, mas enquanto estiver no espaço, experimente subir na balança. Aí vai ser moleza, porque você estará flutuando e, claro, seu peso será zero!

Figura 33 – Menina dentro da nave medindo o peso dela.



Fonte: Poskitt (2009).

O que aconteceu? Por que seu peso diminuiu? Será que alguém tirou tudo o que existe dentro do seu corpo?

Claro que não. O que é difícil de entender é que o peso é uma força. Quando você sobe numa balança, na verdade ela não mede sua massa, mas a força dos seus pés empurrando para

baixo. Essa força vem da gravidade da Terra, que puxa sua massa para o chão. Na Lua, tem muito menos gravidade puxando sua massa para baixo, por isso a balança mostra uma força menor. No espaço sideral, quase não tem gravidade nenhuma, portanto a balança não mostra nenhuma força — em outras palavras, você não tem peso! No entanto, sua MASSA é a mesma: você continua com 50 kg.

Como as balanças caseiras medem uma força, e não a massa, elas não deviam marcar quilogramas, mas unidades de força. Ei, que negócio é esse de medir força? Vamos ver . . .

### **FORÇA**

Antes de Isaac explicar o que é força, ninguém sabia direito o que era, mas hoje em dia sabemos perfeitamente. Imagine que você tenha uma peça de metal com uma massa de 1 kg flutuando no espaço. Agora imagine que você dê um empurrão nela acelerando-a um metro por segundo a cada segundo. Sabe quanta força você precisará aplicar? A resposta é... um newton. Pois é, quando inventaram as unidades métricas, em homenagem a Newton deram seu nome às unidades de força. Assim, para ser precisa, a sua balança caseira deveria marcar newtons. Quer dizer que um newton é a mesma coisa que o peso de 1 kg? Infelizmente, não. . .

Voltemos a **Força = Massa X Aceleração**.

Galileu mostrou que um objeto ao cair tem uma aceleração constante, que na Terra é cerca de dez metros por segundo por segundo. (Na Lua, é apenas 1,6 metro por segundo por segundo.) Assim, se na equação pusermos a aceleração igual a 10, podemos calcular a força que atua em um objeto caindo na Terra:

$$\text{Força} = \text{Massa} \times 10$$

Assim, se sua massa é 50 kg, e se você cair de um edifício, a força que puxa você para a Terra será:

$$\text{Força} = 50 \times 10, \text{ o que dá } 500 \text{ newtons.}$$

Como a aceleração é constante, a força é sempre a mesma, não importando a velocidade com que você cai. Mesmo se você estiver caindo com uma velocidade zero (isto é, se não estiver caindo, mas estiver em cima da balança no seu banheiro), a força que puxa você para o chão continua sendo de quinhentos newtons.

As balanças caseiras deveriam ter suas escalas em newtons, e não em quilogramas. Mas

Figura 34 – Cidadão caindo na Terra.



Fonte: Poskitt (2009).

parece que os fabricantes de balanças caseiras consideram que você só vai usá-las na Terra, por isso eles marcam suas escalas em quilogramas.

No começo deste livro, eu disse que você descobriria por que newtons demais matariam você — pois bem, se um elefante que pesa duas toneladas sentar sobre você, ele vai empurrá-lo para baixo com uma força de 20 mil newtons. Dureza!

#### 4.1.5 Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença; Terceira Lei de Newton.

##### **Montagem do alarme de presença (35 minutos); Leitura e discussão do texto sobre a Terceira Lei de Newton (15 minutos).**

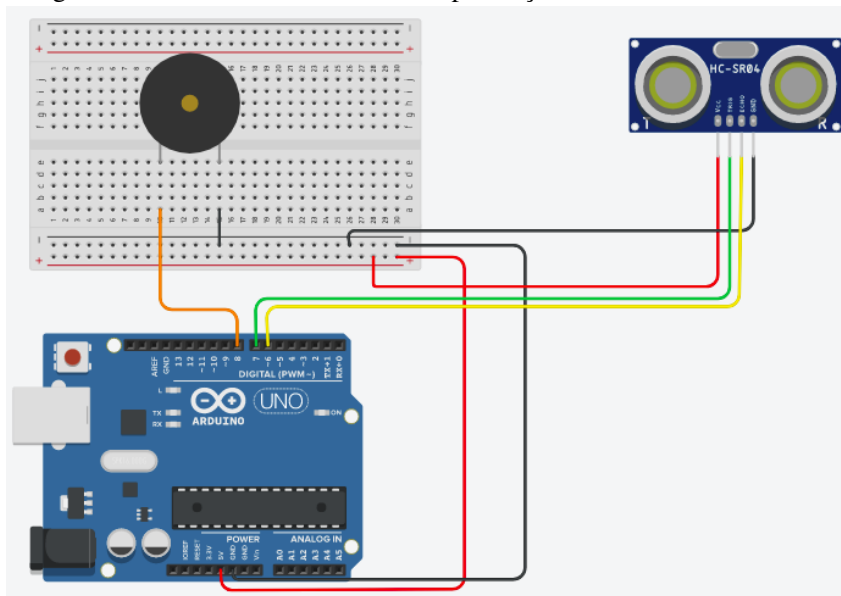
Neste encontro, a atividade é a montagem de um alarme de presença, para que os participantes manipulem o sensor e ultrassônico e a placa Arduíno. Para isso, as equipes recebem de forma antecipada um vídeo,<sup>12</sup> mostrando montagem do circuito, a elaboração do sketch (Código de programação) e a simulação do funcionamento do alarme de presença no Tinkercad. Ademais, recomenda-se aos alunos que após assistirem o vídeo, eles deveriam refazer esta atividade usando o Tinkercad para assimilar cada passo da montagem do alarme de presença.

Inicialmente, distribuimos os seguintes dispositivos para as equipes: uma placa arduino, um sensor ultrassônico, uma protoboard e os jumpers para fazer as ligações. Assim, através do notebook e os dados móveis do celular acessa-se o site do simulador Tinkercad circuitos. Em seguida, com o data show projeta-se as imagens no quadro branco. Dessa forma, todas as equipes podem acompanhar o passo a passo da montagem do circuito. A medida que é feita a montagem do circuito virtualmente e depois de explicado o funcionamento de cada elemento do circuito, as

<sup>12</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/x24zprBx3r8>

equipes fazem o mesmo circuito com os dispositivos tangíveis.

Figura 35 – Circuito de um alarme de presença com sensor ultrassônico.

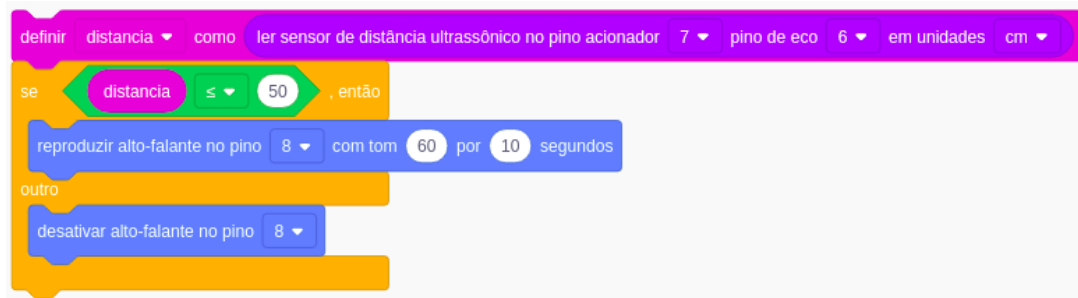


Fonte: Próprio autor (2020).

O circuito é composto por uma placa Arduino, um sensor ultrassônico, uma placa de ensaio (protoboard) e um piezo (dispositivo sonoro) que tem a função sinalizar quando o sensor detectar a presença de um obstáculo. A Figura 35 mostra a disposição destes componentes. O sensor ultrassônico possui 4 (quatro) terminais, dois destinados à alimentação ( $V_c$  e GND), o TRIG que aciona a emissão da onda sonora e ECHO responsável por receber a informação do retorno da onda sonora refletida em um obstáculo.

A seguir, na Figura 36 é mostrado o código de programação em blocos do alarme de presença com sensor ultrassônico.

Figura 36 – Código de programação em bloco do alarme de presença com sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2020).

A primeira linha do código, define a variável **distancia** como o valor da leitura do sensor de distância que tem o acionador (trig) ligado ao pino 7 e o receptor (ECHO) ligado ao pino 6. A segunda linha do código, trás a seguinte condição: se a variável **distancia** for maior ou igual a 50 cm, execute o comando da linha abaixo. A terceira linha do código, tem o comando que manda reproduzir o alto-falante ligado ao pino 8 (oito), em um tom de 60 (sessenta) hertz por um tempo de 10 (dez) segundos. A quarta linha do código, apresenta o comando que ordena para manter desativado o alto-falante conectado ao pino 8 (oito), caso a variável **distancia** seja maior que 50 cm.

Na Figura 37 temos o mesmo código de programação mostrado acima, só que no formato de texto. Entretanto, apesar de serem semelhantes, há diferenças entre o código em bloco e o código em texto neste projeto. A programação utilizando blocos não mostra todas as linhas do código, de tal modo que alguns comandos são gerados mas não são explicitados.

Figura 37 – Código de programação em texto do alarme de presença com sensor ultrassônico.

```
int distancia = 0;

long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
{ pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
  return pulseIn(echoPin, HIGH);}

void setup()
{pinMode(8, OUTPUT);}

void loop()
{ distancia = 0.01723 * readUltrasonicDistance(7, 6);
  if (distancia <= 50) {
    digitalWrite(8, HIGH);}
  else {
    digitalWrite(8, LOW);}
  delay(10); // Delay a little bit to improve simulation performance
}
```

Fonte: Próprio autor (2020).

Podemos perceber que o código na forma de texto, há o detalhamento dos comandos relacionados ao sensor ultrassônico. Por exemplo, o pino ligado ao **trigger** funciona como saída (OUTPUT) e pino ligado **echo** funciona como entrada (INPUT). Verifica-se, também, que inicialmente o triggerPin está no estado LOW (desligado), depois passa para o HIGH (ligado) e em seguida volta para LOW. E após estes comandos, o echoPin entra no estado HIGH (ligado) e através da função pulseIn, o tempo que o pulso da onda sonora leva para ir e retornar até o sensor

após atingir um obstáculo é medido em microssegundos.

Quando todos finalizaram a montagem do circuito, eles devem testar o projeto. Utilizando o cabo USB específico para Arduíno carrega-se o sketch na placa, usando o IDE do Arduino (software).

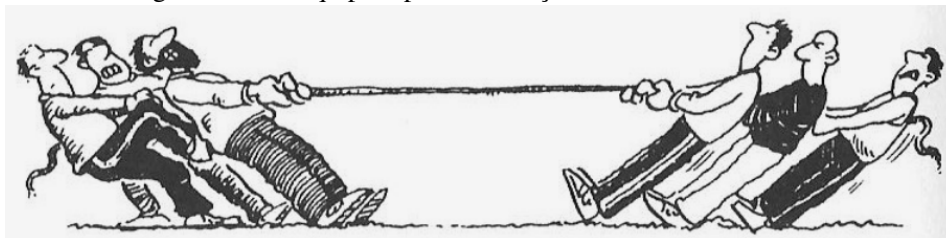
## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Para concluir esta abordagem inicial das Leis de Newton, neste encontro o professor discutirá a Terceira Lei de Newton, utilizando trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e não newtonianos detectadas no pré-teste. Um vídeo<sup>13</sup> com a leitura e comentários desse texto, deve ser enviado de forma antecipada para os alunos.

### **Terceira Lei de Newton: a toda ação corresponde uma reação igual e oposta**

Esta é uma graça e muito simples. O que ela diz é que, quando a gente empurra alguma coisa, essa coisa empurra a gente de volta. (Ou, se a gente puxa, ela puxa a gente de volta.) É a mesma coisa que acontece quando você se encontra num carro que está acelerando: o encosto do seu banco tenta empurrar você para a frente e, ao mesmo tempo, seu corpo empurra o encosto para trás. Vejamos outro exemplo: duas equipes jogando cabo-de-guerra.

Figura 38 – As equipes aplicando forças de mesma intensidade.



Fonte: Poskitt (2009).

Se ambas puxam com a mesma força, não saem do lugar.

<sup>13</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/2Yx5jTGVtFs>

Figura 39 – As equipes aplicando forças de intensidades diferentes.



Fonte: Poskitt (2009).

Se uma equipe puxa um pouco mais, a força extra faz que a outra equipe acelere em sua direção.

Figura 40 – Uma das equipes deixa de aplicar força.



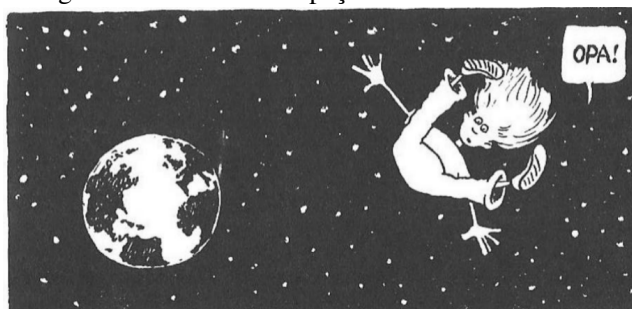
Fonte: Poskitt (2009).

Mas se a outra equipe soltar de repente a corda, a primeira equipe não vai ter mais nada pelo que puxar e vai levar um trambolhão.

Outra maneira de considerar a lei é ver o que acontece quando você pula. Enquanto você empurra os pés contra o chão, o chão empurra você de volta e faz você subir a uma altura de, digamos, um metro. Mas quando são empurrados contra o chão, seus pés também fazem a Terra se mover na direção oposta, afastando-se de você. Como a Terra é muito maior e mais pesada do que você, ela só se move um pouquinho. Na verdade, **MUITO** pouquinho mesmo, cerca de 0,000000000000000000000001 de um metro.

Talvez você fique preocupado por ter empurrado a Terra para fora da sua órbita, mas não precisa entrar em pânico. Quando você desce, o oposto acontece. A Terra está puxando você para ela, mas você também está puxando a Terra de volta para você. Depois do seu pulo, a Terra vai estar de volta ao mesmo lugar! Claro, se você pular muito alto e se afastar da Terra, aí sim, você a terá movido um pouquinho de nada. Mas, cá entre nós, como você saiu voando espaço afora e com certeza esqueceu de levar um lanche e um agasalho bem grosso, o fato de a Terra estar um tiquinho fora de posição vai ser a última das suas preocupações.

Figura 41 – Garoto no espaço se afastando da Terra.



Fonte: Poskitt (2009).

#### 4.1.6 Sexto Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte)

**Início da montagem do robô de sumô a partir de um projeto básico (1 hora/aula).  
Cada passo da montagem do robô sumô está detalhado no Apêndice F.**

A montagem começa a partir do chassi do robô feito de MDF, que é necessário para acoplar os dois motores, as duas rodas traseiras, uma esfera deslizante na dianteira, três sensores infravermelho e uma ponte H. Após a distribuição dos dispositivos para cada equipe, orienta-se como fazer a instalação de um dos componentes do robô de sumô e a medida que eles terminem de montar o dispositivo, passa-se a instrução para a instalação do próximo, na sequência que está exposta no Apêndice F.

Com o intuito de abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton, o professor deve expor sobre a função de cada dispositivo e o que pode ser feito para melhorar o desempenho deles a partir das Leis de Newton. Por exemplo, pode-se explicar que a ponte H controla o sentido de rotação dos motores, o que permite ao robô fazer curvas e realizar manobras. O fato do robô está fazendo curva é uma garantia de que existe uma força resultante diferente de zero atuando no robô, conforme assegura a Segunda Lei de Newton.

A roda ao girar em contato com o dojô, empurra a superfície do dojô para trás e a superfície empurra o robô para frente, estas forças formam um par de ação e reação, fenômeno previsto na Terceira Lei de Newton. E a força de tração que empurra o robô para frente ou para trás é a própria força de atrito, que acelera o robô, conforme descreve a Segunda Lei de Newton.

Neste momento, informa-se para os alunos que eles poderão fazer modificações na estrutura mecânica do robô, usando os conceitos relacionados às Leis de Newton, para melhorar o desempenho dele. O que é melhor para o desempenho do robô, possuir maior ou menor massa? O que fazer para melhorar a tração do robô, pensando em termos de atrito entre os pneus e a



superfície do dojô? Estas questões devem ser trabalhadas durante a montagem e aprimoramento do robô de sumô.

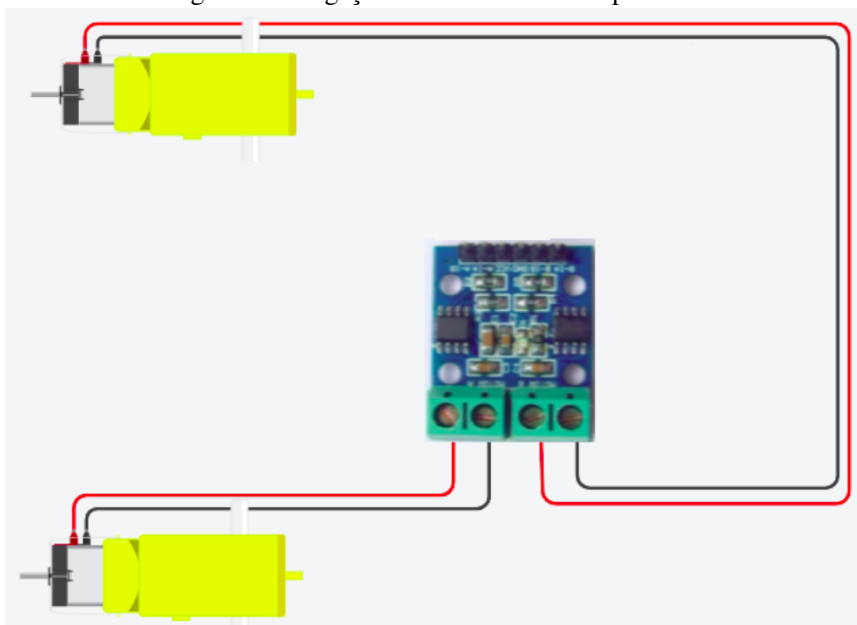
Após a montagem dos motores, das rodas, da esfera deslizante, dos três sensores infravermelho e da ponte H no chassi, cada robô deve ser identificado por sua respectiva equipe utilizando adesivos. Dessa forma, a primeira parte da montagem estará concluída.

#### 4.1.7 Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte)

**Deve-se fixar a placa Arduino e encaixar o sensor ultrassônico no chassi. Além disso, faz-se a conexão dos terminais dos motores com a ponte H(1 hora/aula).**

Neste encontro, dá-se a continuidade da montagem do robô de sumô e os detalhes da instalação destes dispositivos estão no Apêndice F. Com a imagem do esquema da montagem projetada na parede e as equipes posicionadas de maneira que todos os componentes pudessem ver sem dificuldades, inicia-se a atividade. Ademais, antecipadamente envia-se um vídeo com as orientações mostrando o passo a passo da montagem.

Figura 42 – Ligação dos motores com a ponte H.



Fonte: Próprio autor (2022).

Inicialmente, cada equipe recebe o seu robô, isso foi possível porque no encontro anterior os robôs tinham sido identificados com adesivos. Além disso, as equipes devem receber

jumpers (fios), uma placa Arduino e um sensor ultrassônico. Dessa vez, prints do esquema foram apresentados através da projeção com o data show.

O terminal do motor da direita do robô, que na Figura 42 está em baixo, são conectados aos terminais identificados como **motor A** da ponte H. E os terminais do motor da esquerda do robô é conectado aos terminais identificados como **motor B** da ponte H.

Ao final deste encontro, a placa Arduino, o sensor ultrassônico e a ligação dos fios dos motores com a ponte H, devem estar concluídos.

#### 4.1.8 Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte)

**Deve-se fazer as conexões da ponte H com a placa Arduino e com a bateria exclusiva para os motores e também fazer as ligações do sensor ultrassônico (1 hora/aula).**

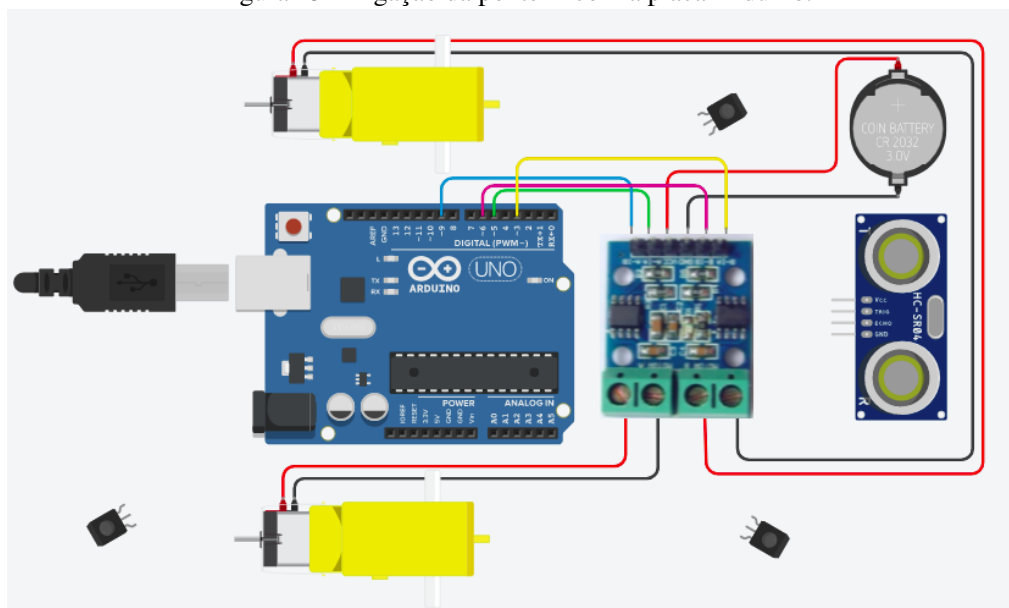
Neste encontro, projeta-se, novamente, o esquema das conexões entre os motores, a ponte H e a placa Arduino, utilizando o data show. O professor deve acompanhar as ligações dos dispositivos, verificando se as conexões estão sendo feitas corretamente. A Figura 43, mostra as seguintes conexões entre a ponte H com a placa Arduino e com a bateria:

1. terminal A1-B (fio azul) da ponte H conectado ao pino 9 da placa Arduino;
2. terminal A1-A (fio verde) da ponte H conectado ao pino 5 da placa Arduino;
3. terminal Vcc (fio vermelho) da ponte H conectado ao terminal positivo da bateria dos motores;
4. terminal GND (fio preto) da ponte H conectado ao terminal negativo da bateria dos motores;
5. terminal B1-B (fio lilás) da ponte H conectado ao pino 6 da placa Arduino;
6. terminal B1-A (fio amarelo) da ponte H conectado ao pino 3 da placa Arduino.

O símbolo que representa a bateria na Figura 43 não corresponde à aparência real da bateria utilizada. Fizemos dessa forma porque o simulador Tinkercad não possui um símbolo que tenha a aparência das baterias que foram usadas em nosso circuito. Porém, no Apêndice A há mais informações sobre as baterias, inclusive fotos e especificações das mesmas. Em seguida, faz-se a ligação do único sensor ultrassônico que o robô possui, que fica localizado na frente e funciona como os olhos do robô.

Os terminais **trigger** e **echo** do sensor ultrassônico devem ser conectados aos pinos 10

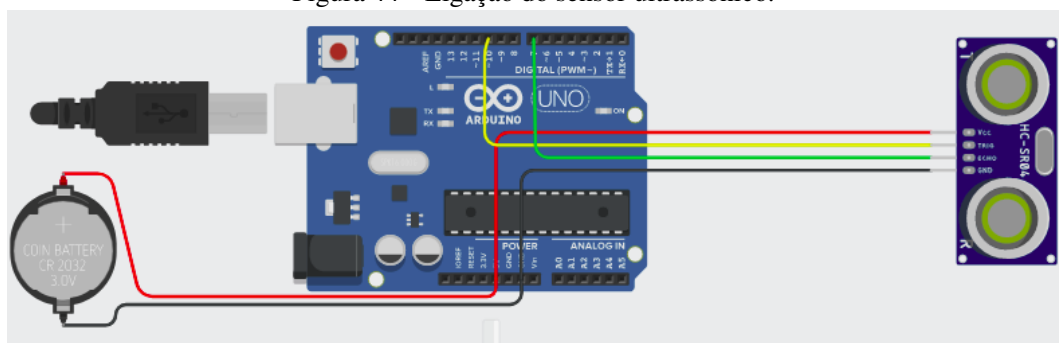
Figura 43 – Ligação da ponte H com a placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

(ligado ao fio amarelo) e 7 (ligado ao fio verde) da placa Arduino, respectivamente. Os terminais Vcc (ligado ao fio vermelho) e GND (ligado ao fio preto) que devem ser ligados às baterias como mostra a Figura 44.

Figura 44 – Ligação do sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

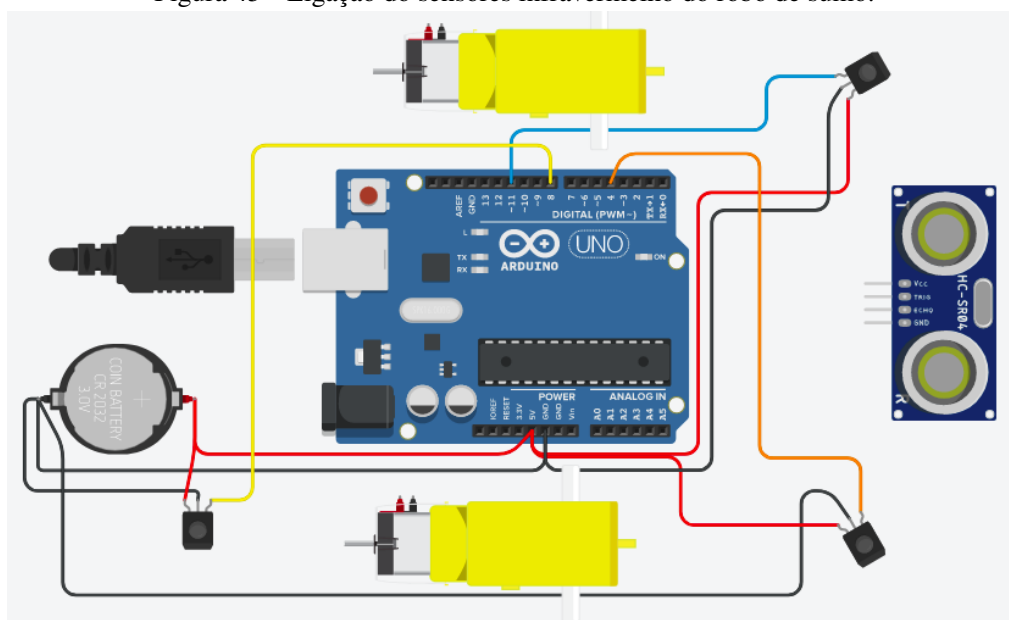
Durante a atividade o professor deve relembrar a função do dispositivo ponte H e a importância dele nas manobras do robô. E, também o funcionamento do sensor ultrassônico, mostrando que ele tem a incumbência de localizar o adversário, ou seja, ele desempenha a função dos olhos do robô. Assim, após as conexões da ponte H com a placa Arduino e a instalação do sensor ultrassônico, conclui-se o oitavo encontro.

#### 4.1.9 Nono Encontro: montagem do robô de sumô (4ª Parte)

**Deve-se instalar os três sensores infravermelho e a bateria que alimenta a placa Arduino e os sensores (1 hora/aula).**

Depois do sensor ultrassônico, chegou a vez dos três sensores infravermelho (Figura 45). Dois localizados na dianteira e outro na traseira. Os fios conectados aos sensores infravermelho nas cores preta e vermelha são o GND (negativo) e o  $V_{cc}$  (positivo), respectivamente.

Figura 45 – Ligação do sensores infravermelho do robô de sumô.

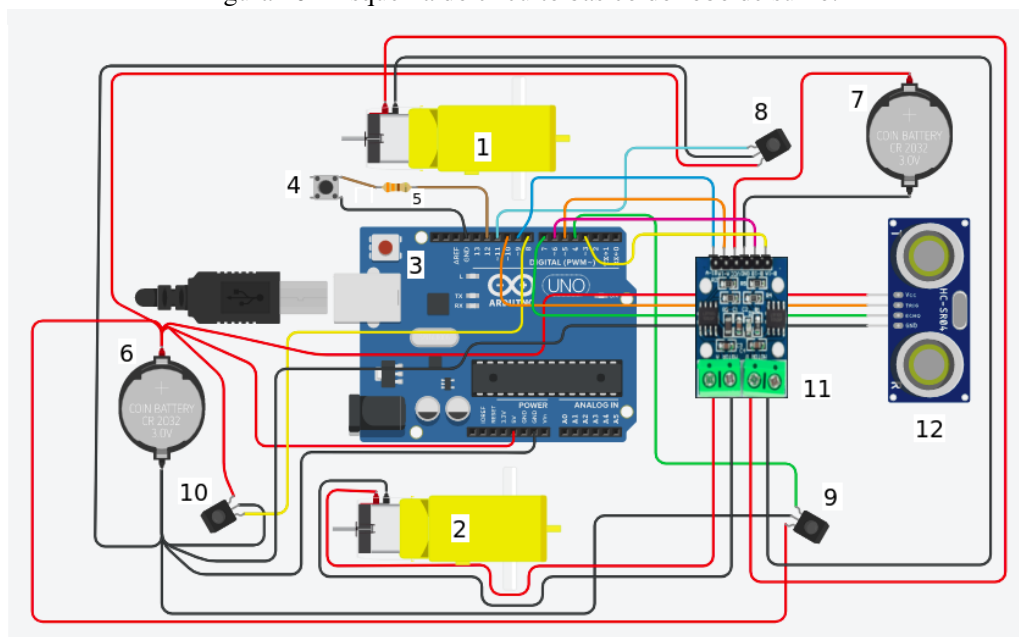


Fonte: Próprio autor (2022).

Os terminais **out** dos sensores infravermelho, que mandam informações para placa Arduino, estão conectados nos seguintes pinos: sensor dianteiro esquerdo no pino 11 (fio azul); sensor dianteiro direito no pino 4 (fio laranja); sensor traseiro no pino 8 (fio amarelo).

E por fim, todas as conexões do circuito do robô de sumô são apresentadas em um único esquema (Figura 46). As conexões da bateria com os dispositivos (placa Arduino e sensores) é feita utilizando o cabo USB macho com 4 Fios. Neste cabo, utiliza-se apenas o fio vermelho ( $V_{cc}$ ) e o preto (GND) e em cada um deles emendou-se cinco fios, que vão se conectar a cada dispositivo, como mostra a Figura 46.

Figura 46 – Esquema do circuito básico do robô de sumô.



Fonte: Próprio autor (2021).

Os dispositivos que compõem o circuito da Figura 46 estão descritos mais detalhadamente no apêndice A e são identificados na relação a seguir:

1. Motor DC 3-6V 200RPM (lado esquerdo);
2. Motor DC 3-6V 200RPM (lado direito);
3. Placa Arduino Uno R3;
4. Botão (push button);
5. Resistor (330 ohms) associado em série ao botão;
6. Bateria de 3,7 V para alimentar a placa Arduino e os sensores;
7. Bateria de 6 V para alimentar os motores (Como já informamos os desenhos que representam as baterias não correspondem à aparência real);
8. Sensor infravermelho dianteiro esquerdo;
9. Sensor infravermelho dianteiro direito;
10. Sensor infravermelho traseiro;
11. Ponte H L9110s;
12. Sensor ultrassônico.

Assim, a montagem do robô de sumô fica completa, com a estrutura mecânica e conexões dos dispositivos elétricos e eletrônicos. A partir do próximo encontro inicia-se o

aprimoramento do robô.

#### 4.1.10 Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; testar o robô e receber sugestões de modificações; falar sobre as regras do sumô de robô (1 hora/aula).**

Neste encontro, primeiramente, monta-se o dojô e a cada equipe é entregue seu robô e no dojô os robôs são colocados em funcionamento e a partir da observação e das discussões baseadas nas Leis de Newton, eles devem propor mudanças para melhorar o desempenho do robô. Inicialmente, a programação dos robôs é a mesma, desse modo, os robôs devem ter movimentação semelhante. A ideia é que as equipes montem suas estratégias e a partir delas, o professor deve fazer as modificações nos códigos de programação.

Os alunos devem colocar o robô sobre o dojô e acioná-lo através do botão de partida, que se localiza no teto do robô. Após o botão ser acionado, o LED incorporado à placa do Arduino pisca por cinco vezes e então o robô inicia os movimentos. Cada equipe deverá ter o seu momento para testar o robô. Devem fazer anotações e o professor fará questionamentos sobre os fenômenos que estão acontecendo, tais como: sobre a inércia dos robôs; as forças que estão atuando; o atrito entre os pneus e a superfície do dojô; a aceleração dos robôs, dentre outras.

A partir desse momento o professor já deve orientar as equipes sobre as regras dos confrontos que, como já mencionamos na subseção 3.3.2, são baseadas nas regras da Winter Challenge, por exemplo: o posicionamento do robô no dojô, que deve ser atrás da linha shikiri<sup>14</sup>; o procedimento para acionar o robô através do botão (pushbutton); informar que o LED incorporado na placa Arduino deve piscar 5 (cinco) vezes; e que imediatamente após a quinta piscada, o robô deve iniciar a movimentação.

No encerramento do encontro, os alunos devem ser orientados a escolher nomes para os robôs, pois a identificação deles deve ser feita com a marcação do nome no chassi do robô.

#### 4.1.11 Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; dar continuidade aos testes; testar os efeitos da inércia; falar sobre as estratégias do sumô de robô. (1 hora/aula).**

<sup>14</sup> Shikiri é a linha contida no dojô que sinaliza o posicionamento do robô de sumô no início do combate.

Inicialmente, dialoga-se com os alunos para identificar se eles estão aprendendo de forma significativa os conceitos envolvidos no funcionamento dos robôs, verificando se eles têm sugestões para melhorar o desempenho dos robôs. Nesses momentos, o professor deve sempre enfatizar os conceitos newtonianos envolvidos nos fenômenos. Depois das discussões, os alunos devem continuar com os testes. Cada equipe terá um tempo para colocar o robô no dojô, fazer as anotações dos problemas detectados e apresentar possíveis soluções.

Com a intenção de mostrar os efeitos da inércia sobre o robô, peça aos alunos para observarem um robô que cai do dojô. Assim, eles podem constatar que mesmo recebendo o comando para parar, o robô não para imediatamente e termina caindo.

Além disso, o professor informará aos alunos que o nosso robô está na categoria dos que tem massa até 3Kg. E também lembrá-los que a inércia do corpo está relacionada com sua massa, ou seja, quanto maior for a massa do robô, maior será a inércia. Assim, um experimento que pode ser feito é acrescentar massa ao robô (fixando um objeto no teto do robô) e verificar se ele sai do repouso com a mesma facilidade que saia antes do acréscimo da massa. Então, surge o seguinte questionamento: O robô que possui maior massa, leva vantagem em um confronto?

Em seguida, orienta-se os alunos sobre as estratégias para a competição de robô de sumô, considerando os efeitos da inércia sobre o robô. Por exemplo, o robô deve fazer movimentos de pequenas amplitudes (esta mudança pode ser feita ajustando a **função millis**<sup>15</sup> no **sketch** do robô). Caso alguma equipe tenham modificações a fazer no sketch (código de programação) devem repassar para o professor, que fará as alterações.

Os alunos devem verificar se sensores estão funcionando corretamente. E também testar o sensor infravermelho, se ele estar detectando a borda branca do dojô, isso é fundamental para que o robô não saia do dojô.

Para finalizar o encontro, o professor deve questionar sobre os nomes escolhidos para os robôs. E cada equipe deve grafar o nome no chassi do robô, de tal maneira que fique visível. O professor deve atentar para que os nomes sejam adequados, que garanta o respeito a todos os seres.

---

<sup>15</sup> A função millis do Arduíno retorna o número de milissegundos passados desde que a placa arduíno começou a executar o programa atual, ou seja, é um cronômetro que é acionado no mesmo instante que a placa arduíno é ligada e permanece contando o tempo em milissegundos.

#### 4.1.12 Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte).

**Neste encontro deve-se: Montar o dojô; testar o sensor ultrassônico; falar sobre a força que acelera o robô (1 hora/aula).**

Neste encontro, os alunos devem continuar fazendo as correções para melhorar o funcionamento dos Robôs. Com a sala e o dojô prontos inicia-se os testes, sempre reservando um tempo para cada equipe testar o robô no dojô.

Para testar o sensor ultrassônico, coloca-se um objeto no dojô e o robô após ser acionado deve localizar o objeto. O professor deve aproveitar o momento e explicar como funciona o sensor ultrassônico, fazendo uma comparação com o sistema de ecolocalização usado por alguns animais como os morcegos, os golfinhos e outros.

Na sequência, observa-se situações que acontecem com os robôs pra mostrar aos alunos como reconhecer a aceleração, a força de tração e a relação da força de atrito com a força de tração. Para verificar qual a força responsável pela aceleração do robô, observa-se a seguinte situação: com o robô em funcionamento levante a parte traseira dele, de modo que os pneus não tenha mais contato com o dojô. Nesse caso, vai existir apenas atrito dos pneus com o ar, ou seja, a força de atrito é bem pequena. A força de tração é pequena também, pois o robô fica em repouso. Portanto, nesse caso a força de atrito é a responsável pela aceleração do robô, ou seja, a força de tração é a força de atrito.

Uma sugestão para melhorar a força de tração dos robôs é aumentar o atrito entre os pneus e a superfície do dojô. Pode-se conseguir isso, por exemplo, com a colocação ligas de borracha<sup>16</sup> nos pneus do robô pra aumentar o atrito. A ideia é a seguinte: a colocação das ligas diminui a superfície de contato entre o pneu e o dojô, assim, quanto menor área maior pressão e consequentemente ocorre o aumento do atrito.

O professor deve lembrar aos alunos das estratégias para a competição de robô de sumô. Aproveita-se para testar as modificações já feitas.

#### 4.1.13 Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte).

**Neste encontro deve-se: Montar o dojô; falar sobre forças de ação e reação; mostrar situações com o momento linear do robô (1 hora/aula).**

---

<sup>16</sup> Ligas utilizadas pra amarrar dinheiro



Neste encontro, os trabalhos de aprimoramento do desempenho dos robôs de sumô continuam. Novamente com o local e o dojô preparados, entrega-se os robôs para as equipes.

Sabemos que a força de atrito forma um par de ação e reação com a força aplicada pelo pneu. Assim, ao girar em contato com a superfície do dojô, o pneu empurra a superfície para trás e esta empurra o pneu para frente. Outra situação na qual atuam forças de ação e reação, ocorre quando um robô empurra o adversário e de forma instantânea, sobre o robô, atua uma força de reação de mesma intensidade e direção, mas com sentido oposto ao da força de ação.

Outro tema que pode ser explorado pelo professor é o momento linear. Para o robô empurrar o outro para fora do dojô é necessário que um impulse o outro. Sendo o impulso uma grandeza que corresponde a uma variação do momento linear, ou seja, para impulsionar o robô devemos fazer o momento linear dele variar.

Coloca-se um objeto próximo da borda do dojô e direciona-se o robô para que ele se choque com o objeto. A massa do objeto deve ser suficiente para que nessa primeira tentativa o robô não consiga derrubá-la do dojô. Mas, aumentando a massa do robô ou sua velocidade, o robô deve derrubar o objeto. Assim, confirma-se que o momento linear depende da massa e da velocidade. O objeto recebe um impulso, pois o momento linear dele variou.

Outra questão que deve ser debatida com os alunos é onde colocar o segundo banco de baterias. Qual a influência na estabilidade do robô, se ele for colocado no teto do robô? Isso o fará capotar com mais facilidade? E quando colocado no assoalho do robô?

Verificar se os alunos estão montando as estratégias para a competição de robô de sumô. E realizar testes nos robôs que já fizeram as modificações do sketch.

#### 4.1.14 Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; fazer os últimos testes e acertos nos robôs; ajustar as estratégias para os confrontos; (1 hora/aula).**

Neste encontro, finaliza-se os testes para o aprimoramento dos robôs. Esta será a última oportunidade para fazer ajustes antes da competição entre os robôs.

É oportuno verificar se os robôs nos quais os sensores infravermelho estejam funcionando adequadamente ainda caem do dojô com frequência. Neste caso, o professor deve lembrar a propriedade de inércia dos corpos, que explica porque mesmo o robô recebendo a ordem para parar, ele não para imediatamente. As sugestões apresentadas para este problema

foram a redução da velocidade e a execução de movimentos mais curtos, ou seja, movimentos com menor amplitude.

Após todos os testes realizados é o momento de decidir se é vantagem ou não acrescentar massa ao robô, considerando a inércia, o momento linear e o limite de 3kg imposto pelas regras. O acréscimo de massa aumenta o momento linear, isto é uma vantagem para o robô tanto na hora de atacar quanto na hora de defender. Mas, também ocorre um aumento na inércia do robô, que dificultará tanto pra colocar o robô em movimento quanto para pará-lo.

As equipes devem entregar ao professor as últimas modificações na estratégia para a competição de robôs. Nas estratégias deve constar as manobras a serem realizadas pelos robôs em dois momentos: quando o robô procura e quando o robô ataca o adversário.

Para o problema do banco de baterias, foi apresentada a seguinte solução: fazer o arranjo das baterias utilizando fitas adesivas e papel alumínio. A vantagem deste arranjo é que ele pode ser colocado na parte interna do robô, em uma posição mais baixa, contribuindo com a estabilidade do robô. Detalhes deste arranjo de baterias estão no Apêndice F.

Dessa forma, a fase de aprimoramento do robô fica concluída. Vale lembrar, que esta fase de aprimoramento visa garantir que o robô esteja sempre em desenvolvimento, com contribuições tanto na parte mecânica quanto na de programação. Assim sendo, a cada aplicação deste produto o robô terá seu desempenho melhorado e atualizado.

#### 4.1.15 Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste.

##### **Aplicação do pós-teste para verificar a evolução conceitual em relação aos conceitos newtonianos.**

Neste encontro, aplica-se o pós-teste com questões semelhantes as do pré-teste. A dinâmica de aplicação deve seguir a mesma que foi aplicada no pré-teste. Com os dois testes pretende-se fazer uma comparação entre o desempenho dos alunos, para verificar se houve uma evolução conceitual de conceitos intuitivos para newtonianos.

Portanto, as respostas dos alunos devem refletir as aprendizagens significativas desenvolvidas durante os estudos realizados sobre as Leis de Newton utilizando robôs de sumô.

Enfim, o professor poderá verificar, através da análise do pré-teste e do pós-teste, se os alunos continuaram usando os conceitos intuitivos para responder as questões do pós-teste ou se eles desenvolveram aprendizagens significativas capazes de proporcionar uma evolução

conceitual em relação às Leis de Newton.

#### 4.1.16 Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô.

##### **Realização da competição de sumô de robô; prepara-se o ambiente de competição; monta-se o dojô e sua área (1 hora/aula).**

Neste último encontro, ocorre a competição entre os robôs de sumô montados e aprimorados durante esta jornada. Deve ser montado o dojô e feita delimitação da área do dojô<sup>17</sup>, isso é feito com o intuito de evitar interferências no funcionamento dos sensores ultrassônicos. Prepara-se a tabela da competição no quadro branco, deixando os espaços pra colocar o nome dos robôs, que devem ser determinados a partir de um sorteio. O professor deve desempenhar o papel de árbitro nas batalhas, seguindo as regras relacionadas abaixo, que foram selecionadas a partir das regras da competição Winter Challenge:

1. A partida é disputada por dois robôs por vez;
2. Apenas 1 (um) membro de cada equipe que está competindo naquela partida terá acesso a área do Dojô;
3. Para o início da partida, mediante as instruções do juiz, os representantes de cada uma das duas equipes posicionam o seu robô dentro da sua metade do Dojô, atrás da linha Shikiri;
4. Uma partida consistirá em 3 (três) rounds, cada round terá um tempo nominal de 1 (um) minuto;
5. Quando o juiz anunciar o início do round, o membro de cada equipe ativará os robôs e após uma pausa de 5 segundos os robôs podem começar a se movimentar. Durante esses 5 segundos os membros das equipes devem deixar a área do Dojô.
6. Após iniciado o round, não será permitido tocar no robô sem a autorização do juiz.
7. Um ponto de Yukô será concedido a um dos robôs quando qualquer parte do robô oponente tocar na área externa do Dojô.
8. A equipe que receber 2 (dois) pontos de Yukô, será declarada vencedora. Caso o tempo limite seja atingido antes de uma equipe receber dois pontos, será vencedora a que tiver recebido um ponto.
9. Em caso de empate o juiz decidirá qual equipe teve melhor desempenho e ela será declarada vencedora;

---

<sup>17</sup> Área do dojô é uma área que ninguém pode adentrar durante a disputa dos rounds

10. Casos não previstos nestas regras serão decididos pelo juiz.

Após a competição monta-se um pódio e o professor faz a entrega das medalhas para os vencedores.

## 5 RECURSOS DIDÁTICOS

Nossa sequência didática utiliza um robô de sumô como recurso didático, que requer outros recursos para tornar factível a sua aplicação. Dessa forma, utilizamos também a plataforma Arduino, o simulador Tinkercad, computadores, celulares, data show, questionários, um jogo digital e textos. A seguir, apresentamos mais informações sobre alguns destes recursos que utilizamos no desenvolvimento do nosso trabalho, já que abordamos sobre os outros em outros momentos do nosso produto.

### 5.1 O robô de sumô

Como o robô de sumô é nosso recurso principal, falaremos mais um pouco sobre ele. Utilizamos o robô de sumô como material potencialmente significativo para estudar os conceitos relacionados às Leis de Newton, proporcionando uma possibilidade de uma aprendizagem significativa. De acordo com Ausubel, para que ocorra uma aprendizagem significativa é necessário a predisposição do aprendiz para aprender de forma significativa e que o material didático utilizado seja potencialmente significativo (AUSUBEL, 2003). O robô de sumô é um material didático que possui características que cumprem estas condições, pois os fenômenos que acontecem com o robô são importantes, fazem parte do dia a dia dos participantes e o seu funcionamento envolve conceitos relacionados às Leis de Newton.

O projeto básico deste robô, cujo nome é Robô Sumo Zumo Robot Arduino RS100 foi desenvolvido e é comercializado pela Usinainfo, que é uma loja virtual brasileira de dispositivos para robótica e eletrônica em geral, disponível no endereço eletrônico [usinainfo.com.br](http://usinainfo.com.br). Procuramos adaptar o projeto, pesquisando soluções mais compatíveis com nossa realidade, otimizando o desempenho técnico do robô de sumô através dos conceitos relacionados às Leis de Newton. Além disso, buscamos o melhor custo benefício para tornar mais viável a aplicação do nosso produto educacional.

No Apêndice A, apresentamos a descrição detalhada de cada dispositivo, necessários para a montagem do robô de sumô modelo básico, acompanhada de foto para facilitar a identificação dos mesmos e um quadro com o orçamento dos dispositivos utilizados. Os preços foram consultados na loja virtual Usinainfo no dia 23 de março de 2022. Vale lembrar que é possível encontrar preços melhores, dessa forma, mais pesquisas de preços e negociações são sempre recomendadas. Por exemplo, as baterias nós conseguimos encontrar no mercado local por R\$

10,00 a unidade, enquanto na Usinainfo custa R\$23,66 a unidade.

## 5.2 Dojô - ringue dos combates

O dojô é o local onde os combates de robô de sumô são realizados. O dojô utilizado em nosso produto educacional é feito de chapa de madeira compensada com espessura de 2,0 cm. Com formato circular possui diâmetro 120 cm e altura de 8 cm (Figura 47).

Figura 47 – Dojô feito de madeira compensada.



Fonte: Próprio autor (2022).

Para facilitar o transporte e o manuseio do dojô, ele pode ser dividido em quatro partes, que se encaixam e ocupam um espaço menor. Esta madeira compensada possui uma densidade, tal que a massa de um dojô com estas dimensões é relativamente pequena, tornando mais fácil o seu transporte (veja Figura 48).

As quatro partes do dojô (na forma de quadrantes), devem ser fixadas com parafusos, porcas e arruelas, formando o círculo de madeira mostrado na Figura 47. A cor do dojô é preta com borda branca de 5,0 cm de largura. As duas faixas próximo ao centro do dojô determinam a posição dos robôs no início da luta, esta faixa é denominada **shikiri** e possui 2,0 cm de largura, o

Figura 48 – Dojô dividido em quatro partes.

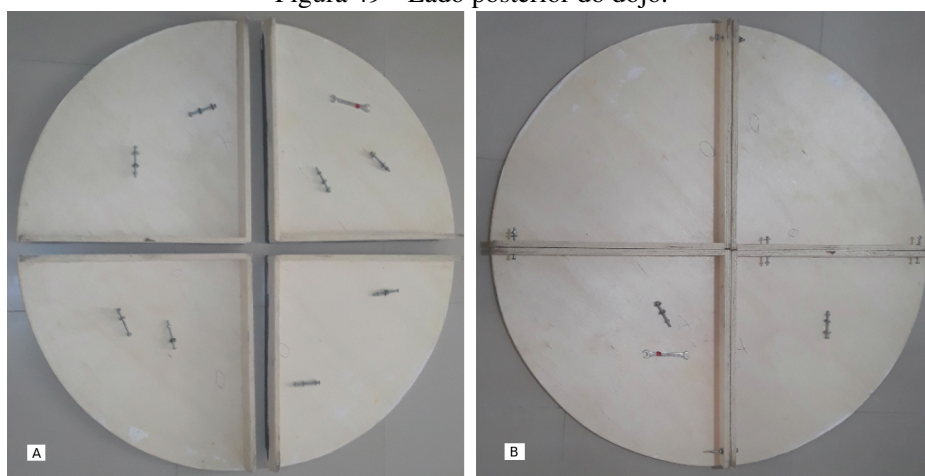


Fonte: Próprio autor (2022).

comprimento dela e a separação entre elas, corresponde a 20,0 cm.

Os lados retos de cada quadrante possuem uma peça de madeira, que serve para a fixação das partes do dojô, que é feita utilizando parafusos e porcas. Na parte A da Figura 49, os quadrantes do dojô ainda estão separados e os parafusos, porcas e arruelas estão expostos. Na parte B da Figura 49, os quadrantes já estão unidos, restando apenas dois parafusos para serem fixados.

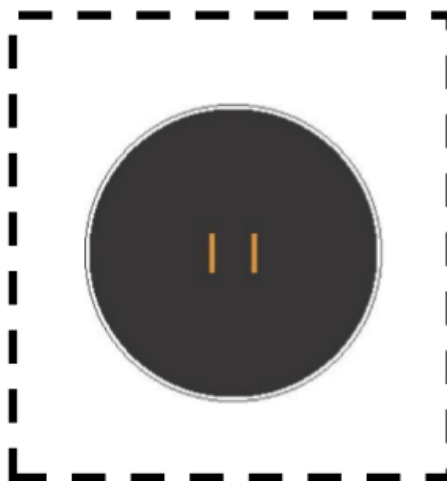
Figura 49 – Lado posterior do dojô.



Fonte: Próprio autor (2022).

A área do dojô na Figura 50 está delimitada pela linha tracejada. A dimensão de cada lado da área do dojô pode ser aproximadamente 3 (três) vezes o raio do dojô. No momento das disputas dos rounds ninguém pode adentrar na área do dojô, isso é feito com o intuito de evitar interferências no funcionamento dos sensores ultrassônicos.

Figura 50 – Área do dojô.



Fonte: Próprio autor (2022).

Uma forma de delimitar a área do dojô é utilizando fitas adesivas de cores diferentes para sinalizar o lado de cada equipe. Pode ser utilizado também tiras de tecido fixadas com fita adesiva. Ou caso seja permitido, pode-se utilizar tinta para desenhar as linhas da área do dojô no piso.

### 5.3 Computadores

A melhor situação para aplicação deste produto é aquela em que cada equipe conta com um computador para desenvolver as atividades. Ou seja, para aplicação do nosso produto, seria necessário quatro computadores, considerando equipes formadas por quatro alunos. Outra possibilidade é a utilização do Tinkercad através do celular, que é mais acessível para a maioria dos alunos, e é um dispositivo que eles manipulam com maior facilidade. No Tinkercad é possível simular circuitos com o Arduino e preparar os sketches (programas no Arduino) na linguagem C++.



#### **5.4 Data show**

O data show não é um elemento essencial, mas facilita bastante o trabalho do professor na apresentação da montagem dos circuitos e códigos para a turma. Possibilita ao aluno desenvolver as atividades pari passu às orientações e sugestões do professor. Na medida do possível é recomendado que o professor utilize este recurso.

## **6 AVALIAÇÃO**

### **6.1 Observação do desempenho nas atividades**

Observaremos a interação com as equipes e entre elas, procurando detectar a criatividade, o raciocínio lógico, a organização, trabalho em equipe, habilidade digital. O professor deve fazer os registros dos dados imediatamente, caso seja possível, se não ao final de cada aula.

### **6.2 Testes**

Os testes do FCI serão utilizados no início e no final da aplicação do produto educacional. O pré-teste, que será utilizado para detectar os conhecimentos prévios dos alunos e também para avaliar a evolução conceitual dos alunos sobre as Leis de Newton. Isso será feito associado com o pós-teste, que será aplicado na aula anterior à competição dos robôs, cujas questões são equivalentes ao do pré-teste, como já mencionamos na subsecção 3.1.1.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. de S.; MESQUITA, B. D. Robótica educacional como mecanismo À educação profissional e tecnológica ao campo técnico em eletromecânica. In: \_\_\_\_\_. [S. n.], 2021. p. 95. ISBN 978-65-89910-01-5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351380749\\_ROBOTICA\\_EDUCACIONAL\\_COMO\\_MECANISMO\\_A\\_EDUCACAO\\_PROFISSIONAL\\_E\\_TECNOLOGICA\\_AO\\_CAMPO\\_TECNICO\\_EM\\_ELETROMECA\\_NICA](https://www.researchgate.net/publication/351380749_ROBOTICA_EDUCACIONAL_COMO_MECANISMO_A_EDUCACAO_PROFISSIONAL_E_TECNOLOGICA_AO_CAMPO_TECNICO_EM_ELETROMECA_NICA). Acesso em: 06 set. 2021.
- ARDUINO. **O que é o Arduino?** 2021. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 23 set. 2021.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1ª. ed. Lisboa: Plátano, 2003.
- BRUTTI, D. S.; COLLETO, N. M.; OLIVEIRA, G. O. D. Influência dos conceitos intuitivos na formação dos conceitos formais, na relação entre movimento e a 2ª lei de newton. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 59 – 79, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- CARVALHO, J. A.; RICCIO, J. G.; GAMA, L. B. Projetos mecânico e lógico para a construção de robô de sumô autônomo . In: Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, 2008. []. Revistas.unifacs, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- FERNANDES, S. A. **Um Estudo Sobre a Consistência de Modelos Mentais Sobre Mecânica de Estudantes de Ensino Médio**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese\\_simone\\_aparecida\\_fernandes.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf). Acesso em: 17 fev. 2021.
- GASPAR, A. **Compreendendo a física: Mecânica**. 3ª. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HAN, J.; BAO, L.; CHEN, L.; CAI, T.; PI, Y.; ZHOU, S.; TU, Y.; KOENIG, K. Dividing the force concept inventory into two equivalent half-length tests. **Physics The Physics Teacher.**, 2015, v. 11, n. 1, p. 010112.1 – 010112.9, 2015. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.11.010112>. Acesso em: 24 mar.2021.
- HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force concept inventory. **The Physics Teacher.**, 1992, v. 30, p. 141 – 158, 1992. Disponível em: <http://modeling.asu.edu/R&E/FCI.PDF>. Acesso em: 23 mar.2021.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- KALIL, F.; HERNANDEZ, H.; ANTUNEZ, M. F.; OLIVEIRA, K.; FERRONATO, N.; SANTOS, M. R. dos. Promovendo a robótica educacional para estudantes do ensino médio público do brasil. **Nuevas Ideas en Informática Educativa - TISE**, v. 9, p. 739–742, 2013. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/739-742.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

LUCIANO, A. P. G. **A Utilização da Robótica Educacional com a Plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física** 2014. 150 f. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4416/1/000215156.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. **Física contexto e aplicações: Mecânica**. 1ª. ed. São Paulo: Scipione, 2013.

McROBERTS, M. **Arduino básico**. Tradução: Rafael Zanolli. 1ª. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

MEDEIROS, D. Descartes e o fundamento metafísico da inércia natural dos corpos na correspondência com mersenne. **Modernos Contemporâneos - International Journal of Philosophy.**, 2018, v. 1, n. 2, p. 70 – 83, 2017. Disponível em: <https://www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/modernoscontemporaneos/article/view/3259/2497>. Acesso em: 23 mai. 2021.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e natureza da ciência no ensino de física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. 2014. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro_DISSERT.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista.**, v. 1, n. 3, p. 25 – 46, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID16/v1\\_n3\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf). Acesso em: 26 set. 2020.

NEVESJÚNIOR, O. d. R. **Desenvolvimento da fluência tecnológica em programa educacional de robótica pedagógica**. 2011. 201 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94846/297746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out. 2021.

NIEDERAUER, G.; CIPRIANI, J.; CARRILHO, D. Desenvolvimento de um robô autônomo para competições de sumô robótico . In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE, 2017. [J]. Ijuí - RS: Unijui, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: mecânica**. 5ª. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e movimento: de Thales a Galileu**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Publicação interna, 2015. Disponível em: <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia/textos>. Acesso em: 11 jun. 2021.

POLITO, A. M. M. Galileu, descartes e uma breve história do princípio da inércia. **Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/12624>. Acesso em: 03 maio. 2021.

POSKITT, K. **Isaac Newton e sua maçã**. Tradução: Eduardo Brandão. 1ª. ed. São Paulo: Companhia da Letras, 2001.

REZENDE, E. P. de. **A Noção de Inércia em Galileu Galilei**. 2018. 153 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018\\_EvaldoPereiradeRezende.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018_EvaldoPereiradeRezende.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

SILVA, A. F. **RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com robótica educacional**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15128/1/AlziraFS.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SILVA, B. K. da. **A Relação Força-Movimento em um Contexto Histórico e sob a Análise do PNLD**. 2017. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4403/1/000227224.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SILVA, G. A. Leis de Kepler do movimento planetário: um breve panorama de como a história da cosmologia mostra sua descoberta. In: 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. [Anais eletrônicos do 15º SNHCT]. Florianópolis - SC: ISBN: 978-85-93331-00-8, 2016.

SILVA, P. R. d. S. **Jogo digital de plataforma 2D como organizador prévio no ensino de física**. 2020. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23810/1/jogodigitalorganizadorprevio.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

SOUSA, C. J. d. M. **O arduino e o visual Basic como recursos didáticos na prática experimental para o ensino de eletrostática e primeira lei de ohm**. 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Maceió, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1804>. Acesso em: 13 out. 2020.

SOUZA, S. C. B. de. **Planejamento de Trajetória para um Robô Móvel com duas Rodas Utilizando um Algoritmo A-Estrela Modificado**. 2008. 97 f. Dissertação (UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2008121701.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

SÁ, D. R. R. de. **O princípio de inércia sob aspectos histórico-epistemológicos : uma possibilidade contributiva para o ensino de física**. 2020. 149 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020. Disponível em: [http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa\\_2020.pdf](http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa_2020.pdf). Acesso em: 31 mai. 2021.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. Tradução: Paulo Machado Mors. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

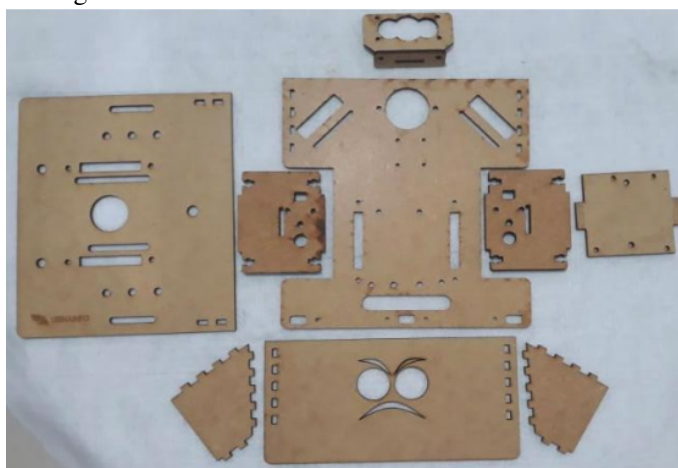
## APÊNDICE A – DESCRIÇÃO E ORÇAMENTO DOS DISPOSITIVOS USADOS NO ROBÔ DE SUMÔ

A seguir, estão detalhados cada item que compõe o robô de sumô e no final apresentamos um quadro com o orçamento.

### 1. Chassi em MDF para Robô de Sumô básico

O chassi do robô de sumô básico é composto por 9 peças de MDF 3mm, como aparece na Figura 51. Pode ser usado outros materiais para substituir o MDF como, por exemplo, acrílico.

Figura 51 – Chassi em MDF do robô de sumô básico.

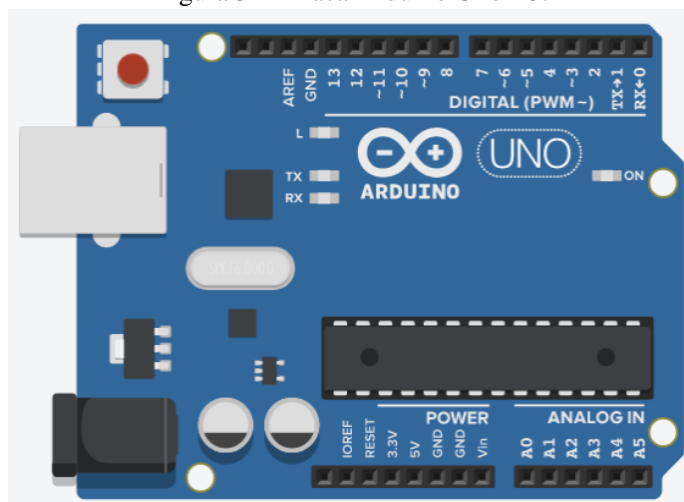


Fonte:Próprio autor (2020).

### 2. Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino

A placa Arduino Uno R3 é um dos vários modelos que existem e tem como principal componente o microcontrolador ATmega328P. A Figura 52 mostra a placa Arduino Uno R3. O Arduino Uno é a melhor placa para começar com eletrônica e codificação. A Uno é a placa mais usada e documentada de toda a família Arduino. Dentre outros elementos, ela possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, uma conexão USB, um conector de alimentação, um botão de reset.

Figura 52 – Placa Arduino Uno R3.



Fonte: Plataforma online Tinkercad (2020).

O cabo USB para placa Arduino é utilizado para transferir dados da placa para o computador ou levar os sketch (programas) do computador para a placa, como também, para alimentar a placa. Este cabo é do mesmo tipo usado para conectar computadores à impressoras, a Figura 53 exibe um deles.

Figura 53 – Cabo USB para Arduino.



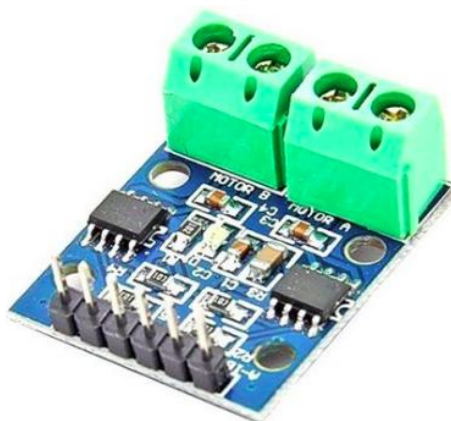
Fonte: Próprio autor (2020).

### 3. Driver Duplo Ponte H de motor DC ou Passo L9110s

É um dispositivo eletrônico utilizado para controlar o sentido de giro do motor e a sua velocidade. Com ele é possível controlar dois motores DC de forma independente, ou para controlar um motor de passo bifásico de quatro fios. Ela é utilizada também para conectar e controlar uma fonte externa de energia (bateria ou pilhas), já que os motores DC exigem

intensidades de correntes que o Arduino não é capaz de fornecer. A Figura 54<sup>1</sup>, apresenta o modelo de ponte H que utilizamos em nosso projeto.

Figura 54 – Drive duplo ponte H de motor DC.

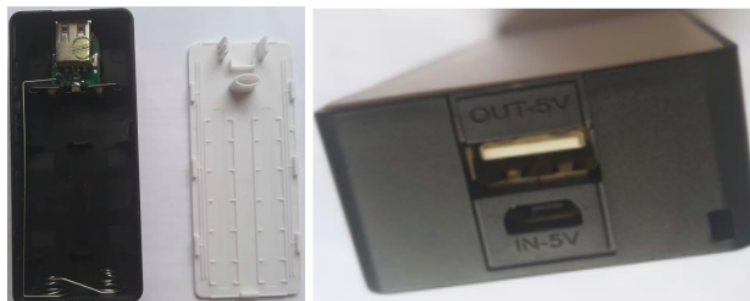


Fonte: Site Autocore Robótica (2020).

#### 4. Carregador de Bateria 18650 Duplo

Este carregador tem capacidade para duas baterias de 3,7 V e tem um regulador de tensão que eleva de 3,7 V para 5 V na saída USB, como é mostrado no lado esquerdo da Figura 55. O lado direito da Figura 55 mostra uma entrada micro USB de 5 V que é compatível com a maioria dos carregadores de celular e uma saída USB fêmea de 5V para fornecer a energia armazenada nas baterias para o funcionamento do nosso robô.

Figura 55 – Carregador de bateria 18650 duplo.



Fonte: Próprio autor (2020).

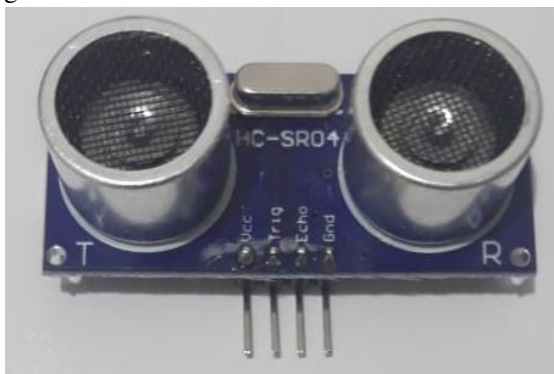
<sup>1</sup> Fonte, Autocore Robótica, disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/driver-ponte-h-duplo-l9110s>.



## 5. Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04

Este sensor é utilizado para determinar distância de corpos através da emissão e recepção de ondas sonoras. Em nosso projeto ele será utilizado para localizar o oponente no dojô.

Figura 56 – sensor ultrassônico de distância HC-SR04.



Fonte: Próprio autor (2020).

## 6. Chave Push Button PBS-102 104 Preta NF 1A

Esta chave push button (botão), vista na Figura 57, é utilizada para acionar o robô no início da batalha. É o último contato que o competidor tem com o robô, a partir desse momento o robô atua de forma autônoma.

Figura 57 – Chave push button PBS-102 NF.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 7. Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô

Além das duas rodas traseiras o nosso robô utiliza esta esfera deslizante na dianteira mostrada na Figura 69, que possibilita a execução de manobras.

Figura 58 – Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 8. Rodas com Caixa de Redução e Motores 48:1 200RPM

Em nosso robô utilizamos dois jogos de roda e motor, na Figura 59 apresenta apenas um jogo. Especificações: Modelo: RDC48F; Tensão do motor: 3 a 6V; Diâmetro dos pneu: 64mm; Largura dos pneu: 2,5cm; Relação de redução 48:1; Rotações: 200RPM (6V); Comprimento dos fios: 15cm; Bitola dos fios: 0,50mm<sup>2</sup>; Peso: 75g.

Figura 59 – Roda com caixa de redução e motor.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 9. Bateria 18650 Li-Ion Recarregável 3.7V 3800mAh Button-top

Um banco com duas baterias recarregáveis de 3,7 V (Figura 60) é utilizado em nosso robô. O regulador de tensão que compõe o carregador da Figura 55 eleva a tensão de 3,7 V para 5 V que é uma tensão utilizada na placa Arduino.

Figura 60 – Bateria 18650 Li-Ion recarregável.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 10. Módulo Sensor Reflexivo Infravermelho TCRT5000

O robô de sumô utiliza três módulos sensores reflexivos infravermelhos, dois na dianteira e um na parte posterior, um destes módulos sensores é mostrado na Figura 61. Ele é utilizado para detectar a cor branca da borda do dojô e o robô é programado para não ultrapassar esta linha, de tal modo que o robô permaneça dentro do dojô.

Figura 61 – Módulo sensor reflexivo infravermelho.



Fonte: Próprio autor (2020).

## ORÇAMENTO DO ROBÔ DE SUMÔ

Quadro 3 – Orçamento do Robô de Sumô

Quantidade	Ordem/Produto	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
1 unidade	1 - Kit Chassi MDF Robô Sumô	28,34	28,34
1 unidade	2 - Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino	104,03	104,03
1 unidade	3 - Driver Duplo Ponte H de motor DC	14,87	14,87
1 unidade	4 - Carregador de Bateria 18650 Duplo	26,84	26,84
1 unidade	5 - Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04	12,83	12,83
1 unidade	6 - Chave Push Button PBS-102 104 Preta NF 1A	7,88	7,88
1 unidade	7 - Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô	13,78	13,78
2 unidades	8 - Rodas com C. de Redução e Motores 200RPM	28,50	57,00
4 unidades	9 - Baterias 18650 Li-Ion Recarregável 3.7V	23,66	94,64
2 unidades	10 - Parafusos Philips M3 x 16mm Metálicos	0,29	0,58
3 unidades	11 - Módulo Sensor R. Infravermelho TCRT5000	7,29	21,87
20 unidades	12 - Jumpers P. para Protoboard Macho-Macho 20cm	8,46	8,46
4 unidades	13 - Parafusos Philips M3 x 30mm Metálicos	0,35	1,40
5 unidades	14 - Parafusos Philips M3 x 6mm Metálicos	0,18	0,90
11 unidades	15 - Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos	0,18	1,98
18 unidades	16 - Porcas M3 x 2,4mm Metálicas	0,132	2,38
20 unidades	17 - Jumpers P. para Protoboard Macho-Fêmea 20cm	0,42	8,46
1 unidade	18 - Cabo USB Macho Com 4 Fios DIY	9,88	9,88
		Total Final (R\$)	416,12

Fonte: Adaptado de [www.usinainfo.com.br](http://www.usinainfo.com.br)

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO I - DETECTANDO INFORMAÇÕES SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

**QUESTÕES PARA DETECTAR INFORMAÇÕES SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

1. A disciplina que mais combina com você, aquela que você mais gosta:

- a) Física;
- b) Matemática;
- c) Português;
- d) Biologia;
- e) História;
- f) Arte;
- g) Outra. Qual?\_\_\_\_\_.

2. De que forma você se desloca da sua casa até a escola?

- a) Ônibus;
- b) Automóvel;
- c) Motocicleta;
- d) Bicicleta;
- e) A pé;
- f) Outra. Qual?\_\_\_\_\_.

3. Quanto tempo você gasta para ir da sua casa até a escola?

- a) Até 10 minutos;
- b) Entre 10 e 20 minutos;
- c) Entre 20 e 30 minutos;
- d) Entre 30 e 40 minutos;
- e) Mais de 40 minutos;

4. Você tem disponibilidade para comparecer á escola no turno da manhã?

- a) Uma vez por semana;
- b) Duas vezes por semana;
- c) Três vezes por semana;
- d) Não tem disponibilidade;

5. Das habilidades e atitudes relacionadas abaixo, quais você considera que possui?

- a) Atitude de liderança;
- b) Habilidades manuais;
- c) Habilidade de Raciocínio lógico;
- d) Habilidade de comunicação;
- e) Habilidade criativa;
- f) Atitude de cooperação;
- g) Atitude proativa (tomar iniciativas, assumir responsabilidades etc.);

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO II - EXPERIÊNCIAS DOS ALUNOS COM  
FERRAMENTAS DIGITAIS**

**QUESTÕES SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS COM FERRA-  
MENTAS DIGITAIS**

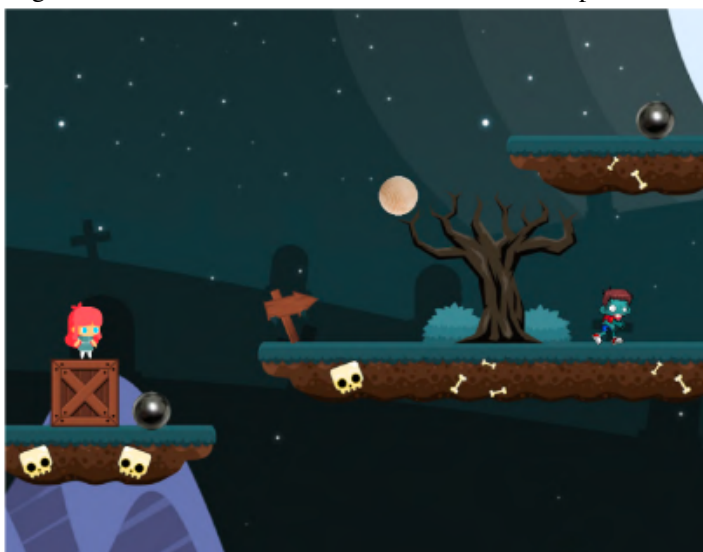
1. Com relação ao acesso à internet:
  - a) Acessa utilizando computador com muita frequência;
  - b) Acessa utilizando computador com pouca frequência;
  - c) Acessa através do celular com muita frequência;
  - d) Acessa através do celular com pouca frequência;
  - e) Acessa através do celular e do computador com muita frequência;
  - f) Acessa através do celular e do computador com pouca frequência;
  - g) Não tem acesso à internet.
2. Quais redes sociais você utiliza?
  - a) YouTube;
  - b) Facebook;
  - c) WhatsApp;
  - d) Instagram;
  - e) Twitter;
  - f) Uso outra. Qual?
  - g) Não uso redes sociais.
3. Possui e-mail ? Em caso afirmativo, qual seu endereço de e-mail?
4. Você já teve alguma experiência na escola ou em eventos fora da escola relacionado com a robótica?
5. Já utilizou a linguagem de programação C++ ? Ou alguma outra linguagem?
6. Você conhece o simulador de circuitos elétrico Tinkercad? Já o utilizou?
7. Já participou de projeto que utilizassem a placa Arduino? Em caso afirmativo, qual?
8. Já tinha conhecimento da modalidade de competição robô de sumô?

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO III - UTILIZANDO AS CENAS DO JOGO NEWTÔNIA

Newtonia é um jogo que possui situações de jogo baseado em algumas questões do pré-teste sobre as Leis de Newton. Abaixo são apresentadas ilustrações de alguns desses momentos e questionamentos a respeito dos mesmos. É necessário que você jogue observando cada momento indicado, para rever suas ideias a respeito desses fenômenos. (Para acessar o jogo Newtonia: [www.fisicagames.com.br](http://www.fisicagames.com.br).) Obs.: Este jogo não está funcionando adequadamente no celular, somente pelo computador.

1) Analise esta situação do jogo que apresenta o fenômeno da queda dos corpos. Uma esfera de madeira e outra de metal rolam sobre uma plataforma até cair (veja Figura 62). Qual delas vai atingir o solo mais distante da plataforma. Por que isso acontece?

Figura 62 – Esferas de metal e de madeira caem da plataforma.

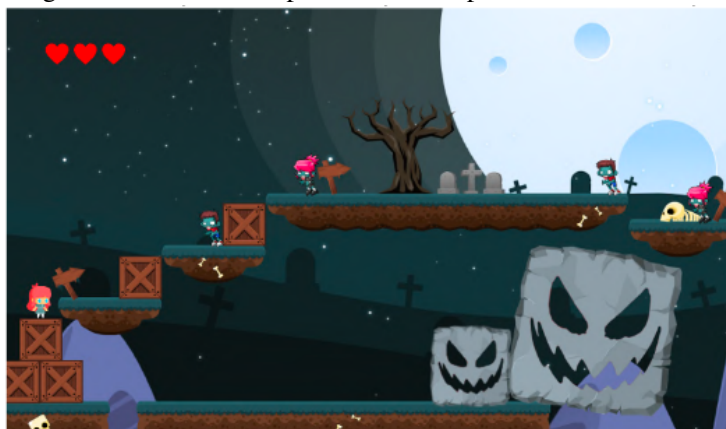


Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

2) Verifique esta situação do jogo que está relacionada com a Terceira Lei de Newton. Um monstro de pedra empurra outro monstro de pedra maior que ele, como está representado na Figura 63. Encontre esta situação no jogo Newtonia e descreva como ela acontece. As forças que os monstros de pedra aplicam um sobre o outro têm mesmo valor. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa.



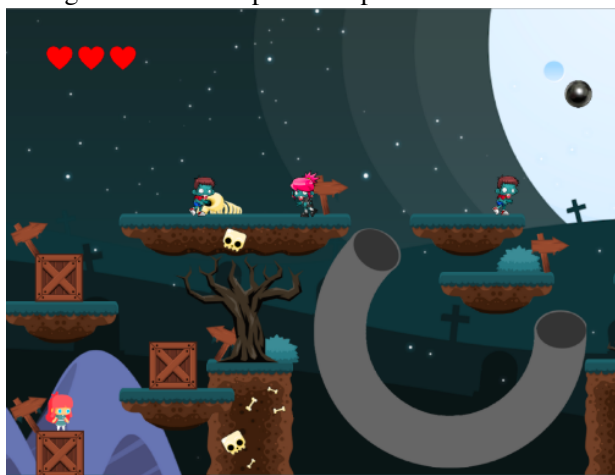
Figura 63 – Monstro de pedra menor empurra o monstro maior.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

3) Este fenômeno apresentado no jogo está relacionado com a Primeira Lei de Newton. No jogo tem uma situação na qual uma esfera de metal é arremessada em um tubo circular como está representado na Figura 64. Observe e descubra qual a trajetória que a esfera faz após sair do tubo. E tente determinar as forças que atuam na esfera quando ela está na posição mais baixa do tubo.

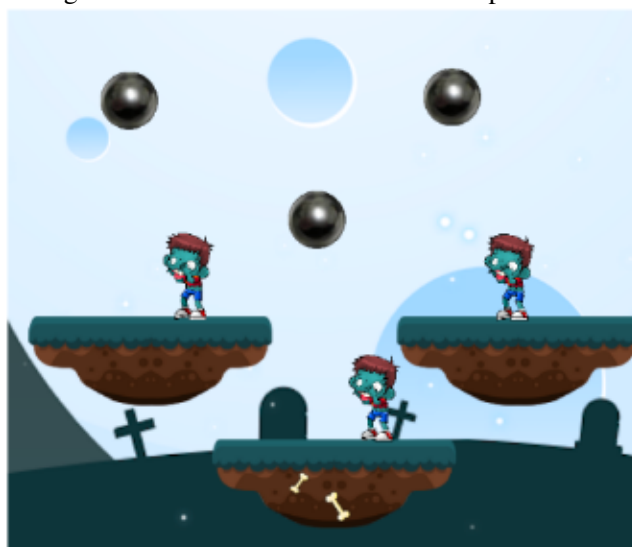
Figura 64 – Esfera passando por um tubo circular.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

4) Verifique esta situação do jogo que está relacionada com a atuação de forças sobre um corpo. Nesta parte do jogo, Zumbis arremessam esferas para cima em linha reta (veja Figura 65). Encontre esta situação no jogo e tente descobrir quais forças atuam na esfera após ser arremessada.

Figura 65 – Zumbis arremessam esferas para cima.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

5) Observe esta situação do jogo que está relacionada com lançamento de projéteis. Durante o jogo há um momento em que um canhão dispara uma esfera contra Fedora (veja Figura 66). Observe e descreva a trajetória da esfera.

Figura 66 – Canhão arremessam esferas.

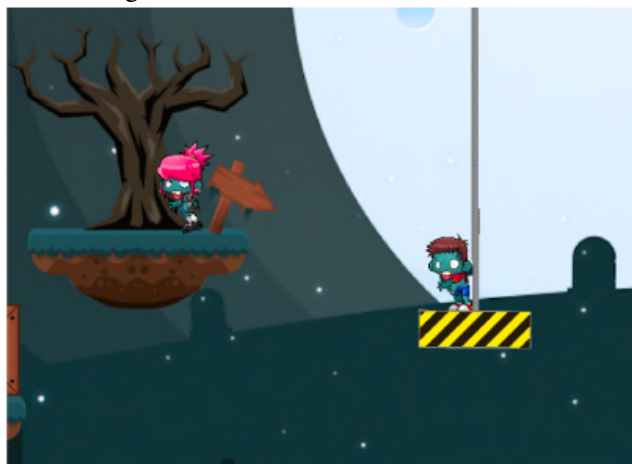


Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

6) Utilize esta situação do jogo que está relacionada com a Primeira Lei de Newton. Um zumbi usa um elevador para se deslocar para cima com velocidade constante (veja Figura 67). A força que atua para cima é maior do que a força que atua para baixo. Esta afirmativa é

verdadeira ou falsa? Procure observar a situação no jogo e justifique sua resposta.

Figura 67 – Zumbi subindo de elevador.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtônia (2021).

## APÊNDICE E – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO (SKETCH) DO ROBÔ DE SUMÔ

```

unsigned long timeround = 0;
unsigned long tempo1;
unsigned long tempo2;
unsigned long tempo3;
unsigned long tempo4;
unsigned long tempo5;
unsigned long tempo6;
unsigned long tempo7;
unsigned long tempo8;

int BUTTON = 0;
int i = 0;
int DISTANCIA = 0;
int SENSOR_DIANTEIRO = 0;
int SENSOR_TRASEIRO = 0;
int SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO = 0;
int counter;

long readUltrasonicDistance (int triggerPin, int echoPin){
  pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Terminal trigg (pino 10).
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT); // Terminal echo (pino 7)
  return pulseIn(echoPin, HIGH);}

void setup(){
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(12, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);

  pinMode(11, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho dianteiro;
  pinMode(4, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho dianteiro direito;
  pinMode(8, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho traseiro;
  pinMode(5, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda direita (gira pra trás);
  pinMode(9, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda direita (gira pra frente);
  pinMode(3, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda esquerda (gira pra frente);
  pinMode(6, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda esquerda (gira pra trás);

void loop(){
  digitalWrite(13, HIGH);
  BUTTON = digitalRead(12);
  while (!(BUTTON == LOW)) {

  BUTTON = digitalRead(12); //Botão localizado no teto do robô.
  for (counter = 0; counter < 5; ++counter) //Após o botão (BUTTON), o LED pisca 5 vezes.
    {digitalWrite(13, LOW); //LED incorporado à placa Arduino (pino 13) está LOW (desligado).
      delay(500); // O LED fica desligado por 500 milissegundos.
      digitalWrite(13, HIGH); // LED incorporado à placa Arduino (pino 13) está HIGH (ligado).
      delay(500); } //O LED fica ligado por 500 milissegundos.

  timeround = millis();
  while ((millis() - timeround) < 60000) {
    DISTANCIA = 0.01723 * readUltrasonicDistance(10, 7);
    delay(500);
    Serial.println(DISTANCIA);

```

```

SENSOR_DIANTEIRO = digitalRead(11); //Sensor infravermelho dianteiro esquerdo (pino 11).
SENSOR_TRASEIRO = digitalRead(8); //Sensor infravermelho traseiro (pino 8).
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO = digitalRead(4); //S. infravermelho dianteiro direito (pino 4).

if (DISTANCIA <= 50 && (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW &&
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == LOW)) {
    //Na ponte H - Roda direita (motor A); pino 5 (terminal A-1A); pino 9 (terminal A-1B).
    //Na ponte H - Roda esquerda (motor B); pino 6 (terminal B-1B); pino 3 (terminal B-1A).

    tempo1 = millis(); //Robô vai pra frente por 300 milissegundos (velocidade 250).
    while ((millis() - tempo1) < 300){
        analogWrite(5, 0); //Se a V > 0, roda direita gira pra trás (pino 5, velocidade (V) = 0).
        analogWrite(9, 250); //Se a V > 0, roda direita gira pra frente (pino 9, velocidade (V) = 250).
        analogWrite(6, 0); //Se a V > 0, roda esquerda gira pra trás (pino 6, velocidade (V) = 0).
        analogWrite(3, 250); } //Se a V > 0, roda esquerda gira pra frente (pino 3, velocidade (V) = 250).

    //Os comentários acima se aplicam a todos os comandos semelhantes abaixo, mudando a velocidade em cada caso.

    tempo2 = millis(); // Robô fica parado por 500 milissegundos.
    while ((millis() - tempo2) < 500){
        analogWrite(5, 0);
        analogWrite(9, 0);
        analogWrite(6, 0);
        analogWrite(3, 0);}

    tempo3 = millis(); //Robô segue em frente por 300 milissegundos (velocidade 180).
    while ((millis() - tempo3) < 300){
        analogWrite(5, 0);
        analogWrite(9, 180);
        analogWrite(6, 0);
        analogWrite(3, 180);}

    tempo4 = millis(); // Robô fica parado por 500 milissegundos.
    while ((millis() - tempo4) < 500){
        analogWrite(5, 0);
        analogWrite(9, 0);
        analogWrite(6, 0);
        analogWrite(3, 0); }

    delay(100); }

    else {
        if (DISTANCIA > 50 && (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW &&
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == LOW)) {

            tempo5 = millis(); //Robô segue em frente por 800 milissegundos (velocidade 200).
            while ((millis() - tempo5) < 800){
                analogWrite(5, 0);
                analogWrite(9, 200);
                analogWrite(6, 0);
                analogWrite(3, 200);}

            tempo6 = millis(); // Robô fica parado por 1000 milissegundos.
            while ((millis() - tempo6) < 1000){
                analogWrite(5, 0);
                analogWrite(9, 0);
                analogWrite(6, 0);

```

```

analogWrite(3, 0);}

tempo7 = millis();//Robô faz curva à direita por 500 milissegundos (velocidade 180).
while ((millis() - tempo7) < 500){
analogWrite(5, 180);
analogWrite(9, 0);
analogWrite(6, 0);
analogWrite(3, 180);}

tempo8 = millis();// Robô fica parado por 1000 milissegundos.
while ((millis() - tempo8) < 1000){
analogWrite(5, 0);
analogWrite(9, 0);
analogWrite(6, 0);
analogWrite(3, 0); }

tempo1 = millis();//Robô faz curva à esquerda por 300 milissegundos (velocidade 180).
while ((millis() - tempo1) < 300){
analogWrite(5, 0);
analogWrite(9, 180);
analogWrite(6, 180);
analogWrite(3, 0);}

tempo2 = millis();// Robô fica parado por 500 milissegundos.
while ((millis() - tempo2) < 500){
analogWrite(5, 0);
analogWrite(9, 0);
analogWrite(6, 0);
analogWrite(3, 0); }

Serial.println(" Procurar oponente no dojo");
else {
if ((SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO
== LOW)) {
//Robô se desloca pra trás (velocidade 150).
analogWrite(5, 150);
analogWrite(9, 0);
analogWrite(6, 150);
analogWrite(3, 0);

Serial.println("Dianteira na borda do dojo!");
delay(100); }

else {
if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
LOW) {
//Robô segue em frente (velocidade 150).
analogWrite(5, 0);
analogWrite(9, 150);
analogWrite(6, 0);
analogWrite(3, 150);

Serial.println("Avante com firmeza!");
delay(100); }

else {

```

```

    if (SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH) {
    // Robô fica parado.
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 0);

    Serial.println("Fora do dojo");
    delay(100); }

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH){
    //Robô faz curva à esquerda (velocidade 180).
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 180);
    analogWrite(6, 180);
    analogWrite(3, 0);

    delay(200); }

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO == LOW && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
LOW){
    //Robô faz curva à direita (velocidade 150).
    analogWrite(5, 150);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 150);
    Serial.println("Curva à direita. ");
    delay(200);}

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH){
    //Robô faz curva à esquerda (velocidade 150).
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 150);
    analogWrite(6, 150);
    analogWrite(3, 0);

    delay(200);} // Espera por 200 milissecond(s)
    } } } }
    if ((millis()-timeround)> 60000){
    // Robô fica parado round encerrado.
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 0);
    Serial.println("Round encerrado");
    } } }

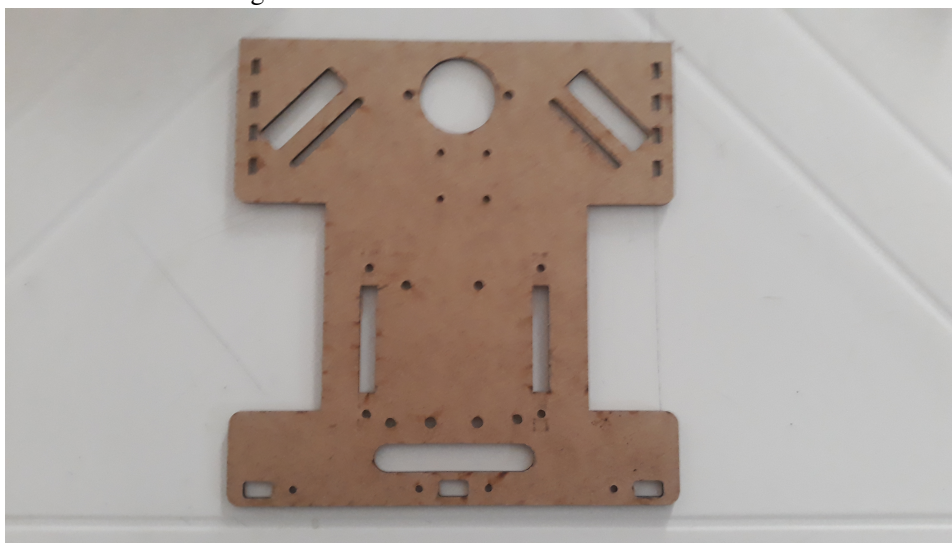
```

## APÊNDICE F – MONTAGEM DA ESTRUTURA MECÂNICA DO ROBÔ DE SUMÔ

### Primeira parte da montagem da estrutura mecânica (6º encontro)

A montagem começa pela identificação do chassi confeccionado em MDF, que está na Figura 68.

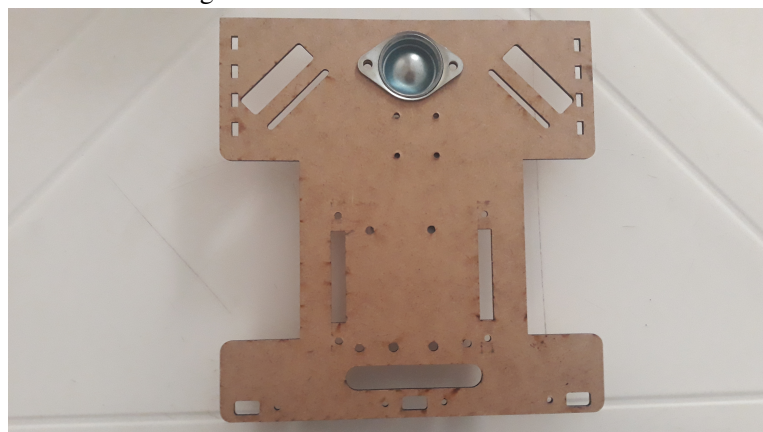
Figura 68 – Chassi em MDF do robô de sumô.



Fonte: Próprio autor (2022).

A esfera deslizante é colocada na abertura circular na parte dianteira do chassi do robô, como mostra a Figura 69

Figura 69 – Esfera deslizante metálica.

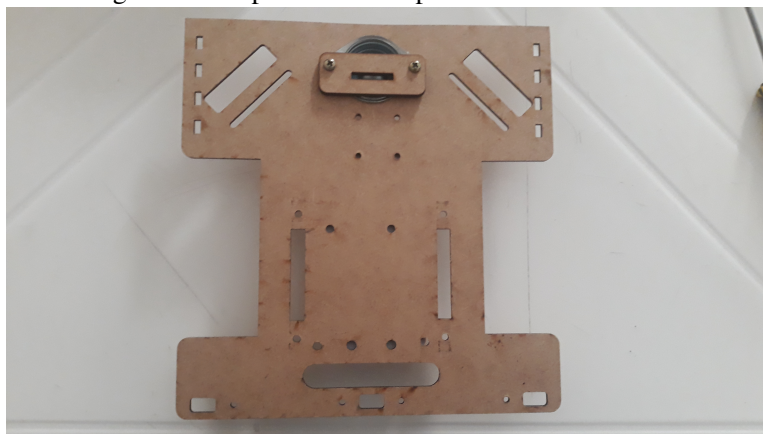


Fonte: Próprio autor (2022).



Sobre a esfera deslizante coloca-se o suporte para sensor ultrassônico, utilizando dois Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos e porcas para fixar o suporte e a esfera deslizante no chassi do robô (Figura 70).

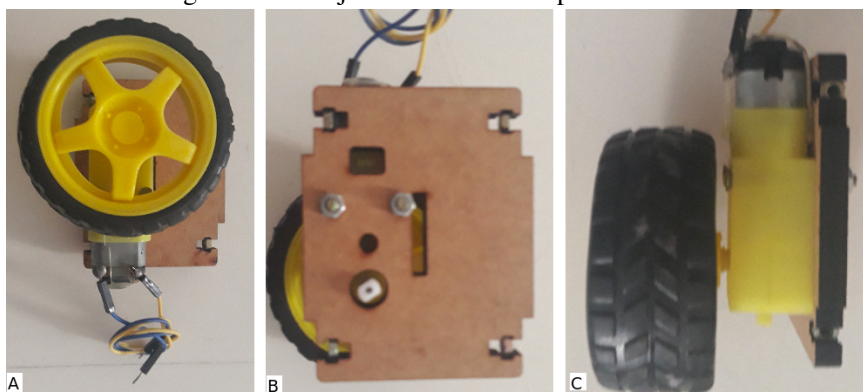
Figura 70 – Suporte de MDF para sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 71 mostra o conjunto roda, motor e suporte de MDF em três ângulos diferentes para melhor visualização da montagem. A fixação do motor no suporte de MDF é feita com dois parafusos Philips M3 x 30mm Metálico. Observe que nas fendas localizadas nos quatro cantos do suporte de MDF (foto B) deve-se colocar as porcas para fixação do suporte no chassi do robô.

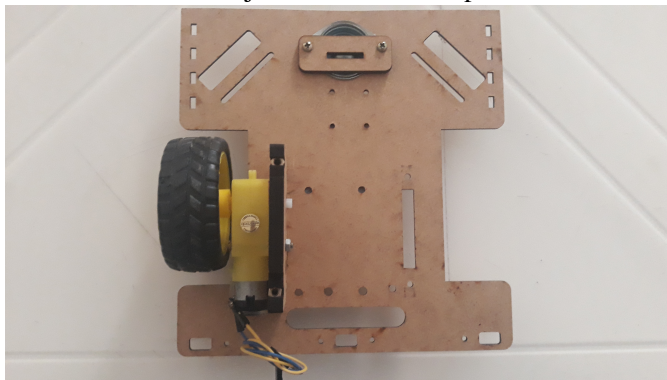
Figura 71 – Conjunto roda motor suporte de MDF.



Fonte: Próprio autor (2022).

Encaixe do conjunto roda, motor e suporte de MDF no chassi do robô. Utiliza-se dois Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos e porcas para fixar o conjunto roda, motor e suporte no chassi do robô.

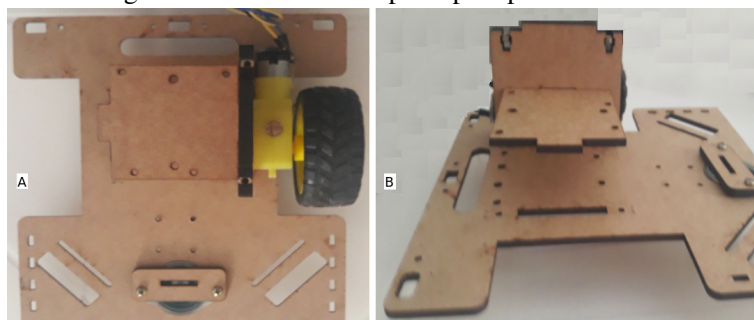
Figura 72 – Encaixe do conjunto roda motor suporte de MDF no chassi.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na foto (A) da Figura 73 tem-se a vista de cima do encaixe do suporte para placa Arduino e na foto (B) tem-se a vista lateral do mesmo suporte.

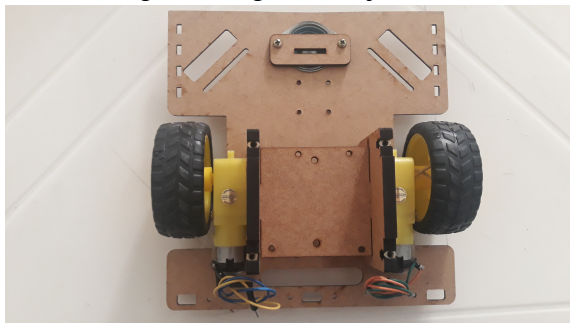
Figura 73 – Encaixe do suporte para placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

Colocação do segundo conjunto roda motor suporte no chassi utilizando parafusos e lateralmente encaixando no suporte da placa Arduino.

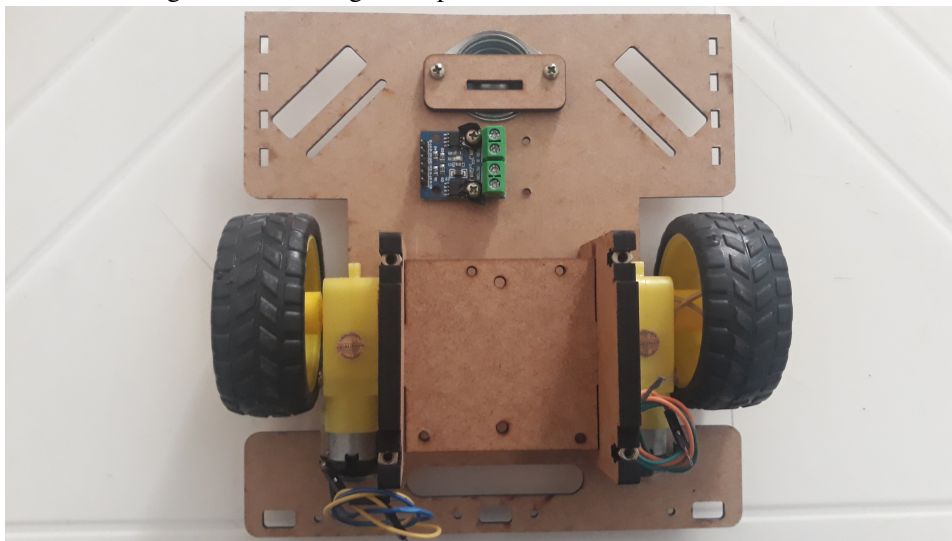
Figura 74 – Montagem do segundo conjunto roda motor suporte.



Fonte: Próprio autor (2022).

Fixação do dispositivo ponte H L9110s no chassi do robô utilizando dois parafusos philips M3 x 6mm metálicos.

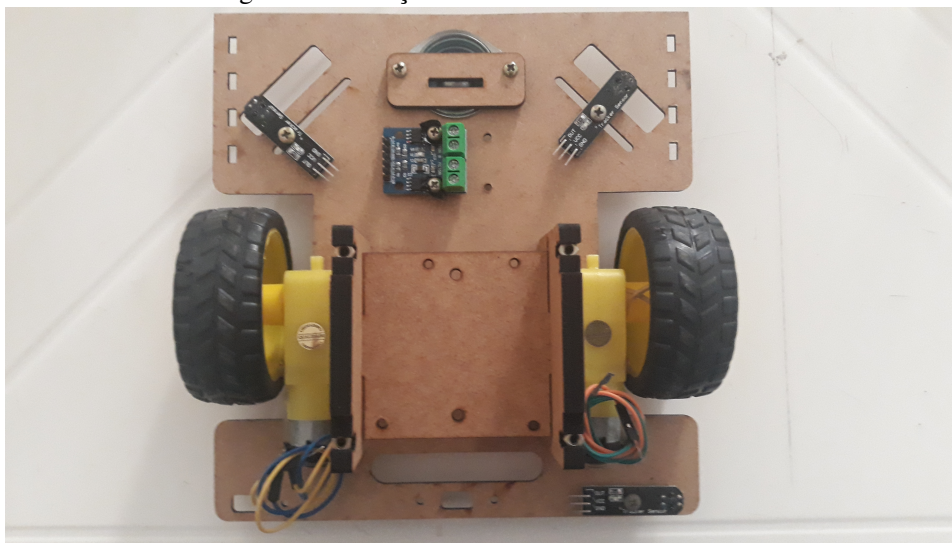
Figura 75 – Montagem da ponte H L9110s no chassi do robô.



Fonte: Próprio autor (2022).

Colocação dos sensores infravermelho na dianteira usando duas arruelas, uma por cima e outra por baixo do chassi, parafuso philips M3 x 16mm metálico. O sensor infravermelho traseiro utiliza apenas uma arruela por cima do chassi parafuso philips M3 x 10mm metálico.

Figura 76 – Fixação dos sensores infravermelho.



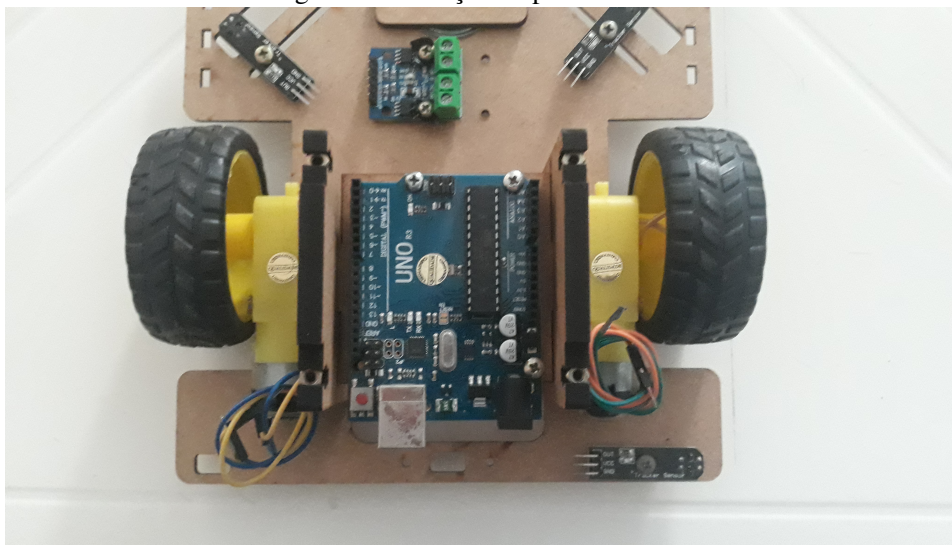
Fonte: Próprio autor (2022).



### Segunda parte da montagem da estrutura mecânica (7º encontro)

Para fixação da placa Arduino no suporte de MDF, usar parafusos philips M3 x 6mm metálicos, três parafusos são suficientes na posição mostrada na Figura 77.

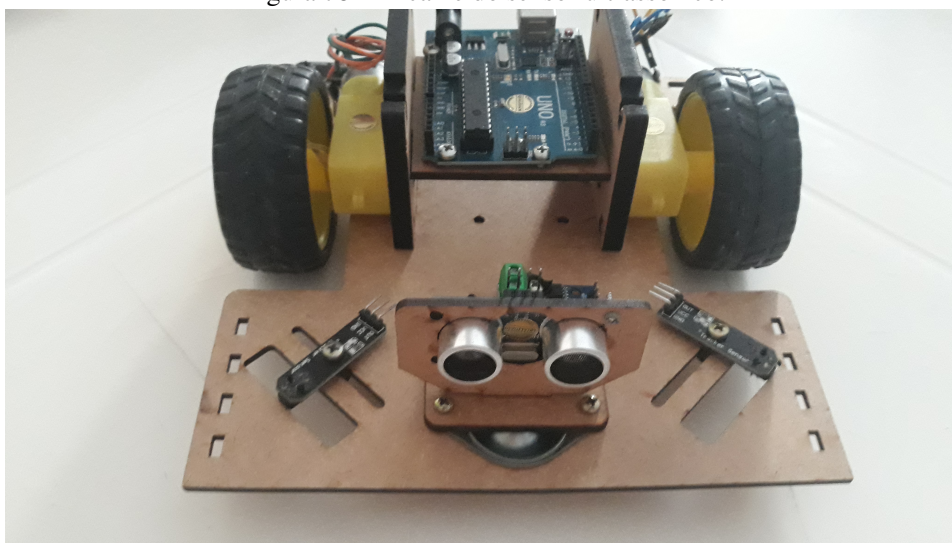
Figura 77 – Fixação da placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

Primeiramente encaixa-se o sensor ultrassônico no suporte de MDF com duas aberturas circulares, em seguida encaixa-se este suporte no que está fixado sobre a esfera deslizante.

Figura 78 – Encaixe do sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

Apresentamos duas possibilidades para o suporte das baterias exclusivas dos motores. A primeira aparece na Figura 79, ela é bem simples e precisa somente de fita adesiva e papel alumínio. A vantagem desse arranjo é que ele pode ser colocado dentro do robô, dessa forma a massa fica melhor distribuída e contribui para o equilíbrio do robô.

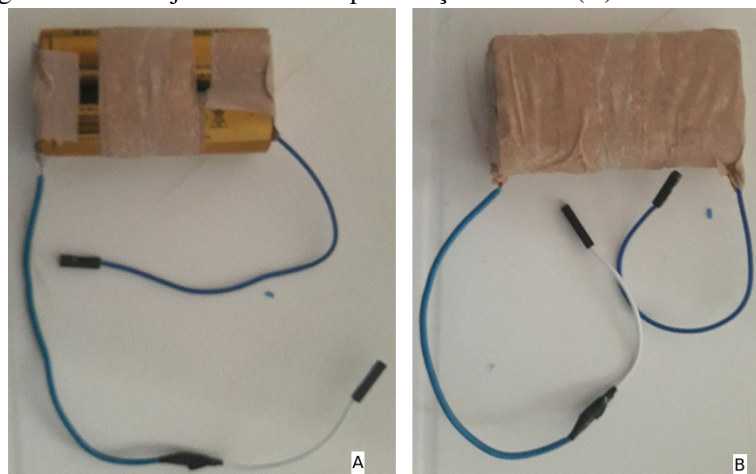
Figura 79 – Arranjo das baterias com contatos de papel alumínio.



Fonte: Próprio autor (2022).

As baterias são conectadas em paralelo, dessa forma as pontas dos fios com papel alumínio ficam em contato um com os polos positivos e o outro com os polos negativos das baterias, foto A da Figura 80. Na foto B da Figura 80, o arranjo finalizado com o invólucro de fita adesiva.

Figura 80 – Arranjo das baterias após fixação dos fios (A) e finalizado (B).

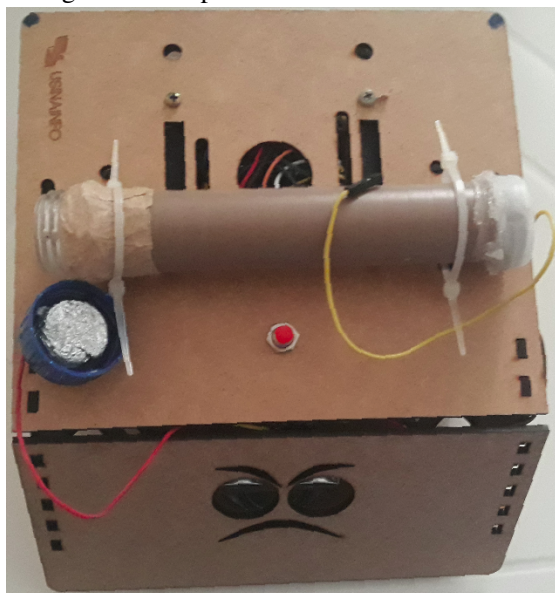


Fonte: Próprio autor (2022).

Quando as baterias são arranjadas dessa forma tem uma desvantagem, para recarregar as baterias é necessário retirar as fitas e desconectar os fios, o que torna trabalhosa a troca das baterias.

A segunda possibilidade para o suporte das baterias exclusivas para os motores é mostrada na Figura 81. A vantagem deste suporte é a praticidade das trocas das baterias, pois a tampa de um dos lados é removível. O material utilizado: cano de PVC de 25 mm, papel alumínio, cola quente, cinta plástica, tampas e gargalos de garrafa PET. Todas as instruções para montar este suporte pode ser encontrado no Youtube através do endereço: <https://youtu.be/IUOiN0Fw1Zs>

Figura 81 – Suporte de bateria feito de PVC.



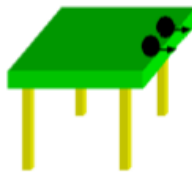
Fonte: Próprio autor (2022).

Nesse caso, as baterias são associadas em série, dessa forma a voltagem total será a soma das voltagens de cada bateria. Deve-se observar que a voltagem total não pode ultrapassar 6V, pois a voltagem suportada pelos motores varia entre 3V a 6V. A desvantagem deste suporte é a sua localização, pois a massa das baterias colocada no teto altera o centro de gravidade do robô, aumentando o risco dele capotar.

Vale ressaltar, que em cada aplicação deste produto educacional, contamos com a contribuição de cada professor para melhorar o desempenho do robô, por exemplo, buscando uma solução para confeccionar um suporte mais eficiente do que os dois apresentados acima.

**ANEXO A – PRÉ-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON****FORÇA: UM CONCEITO FUNDAMENTAL DA MECÂNICA NEWTONIANA I**

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:



- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
  - b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
  - c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa;
  - d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
  - e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada
2. Um caminhão sofre um defeito na estrada e é empurrado por trás por um carro de passeio como mostrado na figura abaixo.

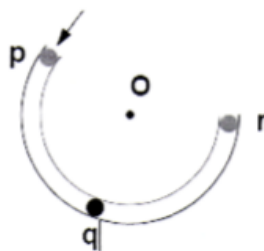


Enquanto o carro, ainda empurra o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade desejada:

- a) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro;
- b) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- c) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- d) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro;
- e) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

**UTILIZE AS INDICAÇÕES E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (3 e 4).**

A figura mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em “O”. O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em “p” e sai em “r”.



3. Considere as seguintes forças distintas:
  - I. Uma força para baixo devido à gravidade.
  - II. Uma força exercida pelo tubo que aponta de “q” para “O”.
  - III. Uma força no sentido do movimento.

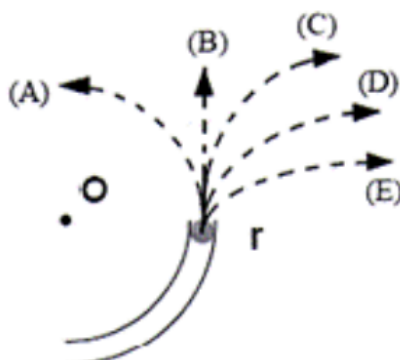


IV. Uma força que aponta de “O” para “q”.

Qual(ais) força(s) acima atua(m) na esfera quando esta se encontra no interior do tubo sem atrito na posição “q” ?

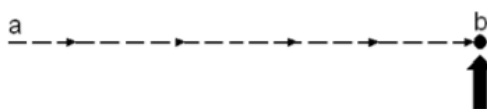
- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

4. Na figura abaixo, qual a trajetória que a esfera seguirá após sair do tubo em “r”, movendo-se sobre a mesa sem atrito?



**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (5 a 8).**

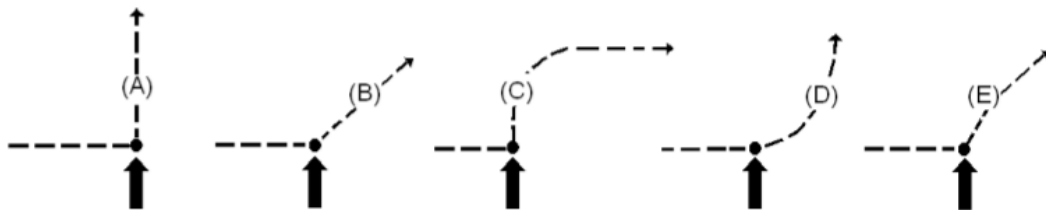
A figura representa a trajetória de um disco que desliza com velocidade constante “ $v_0$ ” em linha reta do ponto “a” para o ponto “b” em uma superfície horizontal sem atrito. As forças exercidas pelo ar são insignificantes e o observador olha o disco de cima.



Quando o disco alcança o ponto “b”, ainda com velocidade constante “ $v_0$ ”, recebe um chute horizontal no sentido da seta mais grossa. Se o disco estivesse em repouso em “b”, após o chute, seguiria um movimento vertical com uma velocidade “ $v_1$ ” no sentido do

chute.

5. Qual das trajetórias abaixo mais se aproxima daquela seguida pelo disco após receber o chute?



6. A velocidade do disco imediatamente após receber o chute é:
- Igual à velocidade inicial “ $v_o$ ” que ele possuía antes de receber o chute;
  - Igual à velocidade “ $v_1$ ” que resulta do chute e independente da velocidade “ $v_o$ ”;
  - Igual à soma aritmética das velocidades “ $v_o$ ” e “ $v_1$ ”;
  - Menor do que ambas as velocidades “ $v_o$ ” ou “ $v_1$ ”;
  - Maior do que ambas as velocidades “ $v_o$ ” ou “ $v_1$ ”, mas menor que a soma aritmética dessas duas velocidades.
7. Ao longo do caminho sem atrito que você escolheu na questão 5, a velocidade do disco depois de ele ter recebido o chute:
- É constante;
  - Aumenta continuamente;
  - Diminui continuamente;
  - Aumenta durante algum tempo e diminui depois disso;
  - É constante durante algum tempo e aumenta depois disso.
8. Ao longo da trajetória sem atrito que você escolheu na questão 5, as principais forças atuantes no disco após ter recebido o chute são:
- Uma força para baixo devida à gravidade;

- b) A força da gravidade para baixo e uma força horizontal no sentido do movimento;
- c) A força da gravidade para baixo, uma força pra cima exercida pela superfície e uma força horizontal atuando no sentido do movimento;
- d) A força da gravidade para baixo e uma força pra cima exercida pela superfície;
- e) Nenhuma (não há forças sendo exercidas sobre o disco).

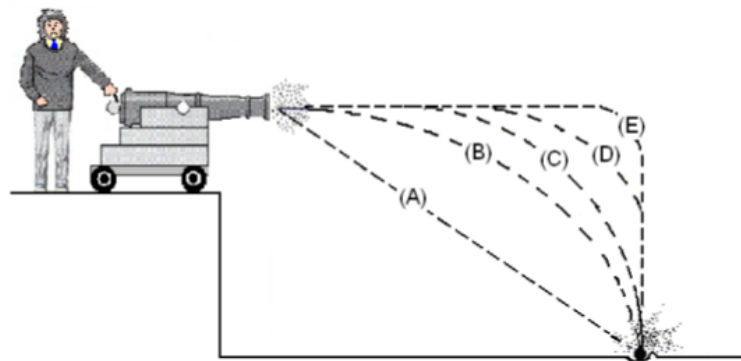
9. Um menino joga uma esfera de aço para cima em linha reta. Considere o movimento da esfera apenas depois de sair da mão do menino e antes de tocar o chão e suponha que as forças exercidas pelo ar são insignificantes. Nestas circunstâncias, a(s) força(s) atuando na bola é (são):



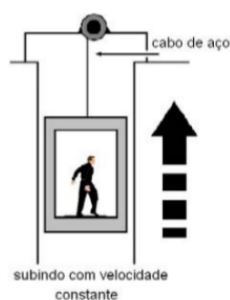
- a) Uma força da gravidade para baixo e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante;
- b) Uma força para cima que vai diminuindo desde o momento em que a esfera sai da mão do menino até alcançar seu ponto mais elevado e, durante a descida, a força da gravidade para baixo que aumenta constantemente à medida que a esfera vai ficando mais perto da Terra;
- c) Uma força para baixo quase constante devido à gravidade e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante até a esfera alcançar seu ponto mais elevado;
- d) Apenas uma força da gravidade para baixo e quase constante;
- e) Nenhuma das anteriores. A esfera retorna ao chão devido à sua tendência

natural de ficar em repouso na superfície da Terra.

10. Uma esfera é disparada por um canhão do alto de um penhasco como mostrado na figura abaixo. Qual é a trajetória que mais se aproxima da seguida pela esfera?

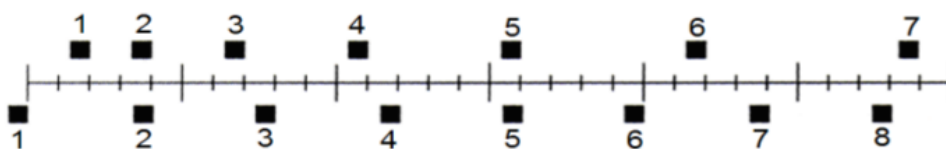


11. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante " $v_0$ ". Se a mulher duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:
- Com o dobro da velocidade constante " $v_0$ " da questão anterior;
  - Com uma velocidade constante maior do que a velocidade " $v_0$ " da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
  - Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade " $v_0$ " da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
  - Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;
  - Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.
12. A figura mostra um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:
- A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade;
  - A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade;



- c) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade;
- d) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas pra baixo pela gravidade e pelo ar;
- e) Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).

13. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?

- a) Não;
  - b) Sim, no instante 2;
  - c) Sim, no instante 3;
  - d) Sim, nos instantes 2 e 5;
  - e) Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.
14. Na figura abaixo, o estudante “a” tem uma massa de 95 kg e o estudante “b” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “a” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “b”, como mostrado na figura. De repente, o estudante “a” dá um empurrão com os pés, fazendo com

que ambas as cadeiras se movimentem.



Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “a” exerce uma força sobre o estudante “b”, mas o estudante “b” não exerce nenhuma força sobre o estudante “a”;
- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força;
- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.

**ANEXO B – PÓS-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON****FORÇA: UM CONCEITO FUNDAMENTAL DA MECÂNICA NEWTONIANA II**

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:



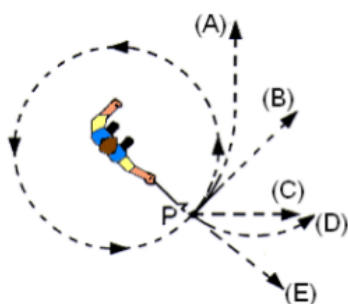
- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
  - b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
  - c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa;
  - d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
  - e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada
2. Um caminhão bate de frente com um carro de passeio.



Durante a colisão:

- a) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão;
  - b) A força exercida pelo carro sobre o caminhão é maior do que a força exercida pelo caminhão sobre o carro;
  - c) Nenhum veículo exerce força um no outro, o carro é destruído apenas porque estava no caminho do caminhão;
  - d) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão;
  - e) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é igual à força exercida pelo carro sobre o caminhão.
3. Apesar de um vento muito forte, um jogador de tênis consegue bater uma bola de tênis com a sua raquete, de modo que a bola passe sobre a rede e acerte o campo do seu adversário. Considere as seguintes forças:
- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
  - II. Uma força devida à “raquetada”.
  - III. Uma força exercida pelo ar.
- Qual(quais) força(s) acima está(estão) agindo na bola de tênis após ela perder o contato com a raquete e antes de tocar a quadra do adversário?
- a) I somente;
  - b) I e II;
  - c) I e III;
  - d) II e III;
  - e) I, II e III.
4. Uma esfera de aço é amarrada a uma corda e girada em uma trajetória circular em um plano horizontal, como mostrado na figura abaixo. No ponto P indicado na figura a corda se rompe próximo à esfera. Se esses eventos forem observados de cima, que trajetória a esfera seguirá aproximadamente após a ruptura da corda?
5. A figura abaixo mostra um menino que balança em uma corda começando em um ponto

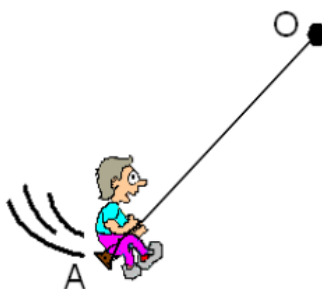




mais alto do que a posição A.

Considere as seguintes forças distintas:

- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força exercida pela corda apontando de A para O.
- III. Uma força no sentido do movimento do menino.
- IV. Uma força que aponta de O para A.



Qual(ais) força(s) acima está(ao) agindo no menino quando ele está na posição A?

- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

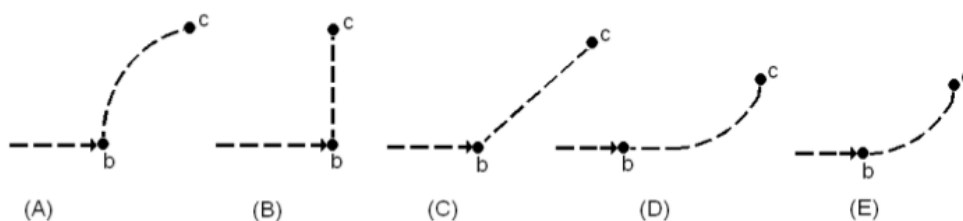
**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (6 A 9).**

Um disco voador desloca-se lateralmente no espaço exterior do ponto “a” para o ponto “b” como mostrado abaixo. O disco voador não está sujeito a nenhuma força exterior.

Chegando na posição “b”, o motor do disco voador é ligado e produz nele uma força constante em um ângulo perpendicular à linha “ab”. Essa força constante é mantida até que o disco voador alcance o ponto “c” no espaço.



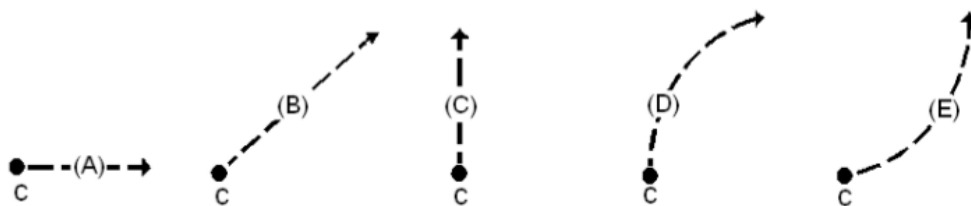
6. Qual das trajetórias abaixo melhor representa a trajetória do disco voador entre os pontos “b” e “c”?



7. Enquanto o disco voador move-se da posição “b” para a posição “c” sua velocidade está:

- constante;
- continuamente aumentando;
- continuamente diminuindo;
- aumentando inicialmente e depois ficando constante;
- constante inicialmente e depois diminuindo.

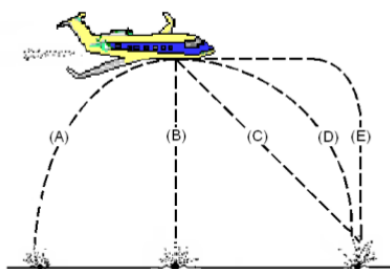
8. Na posição “c” o motor do disco voador é desligado e a força exercida sobre ele cai imediatamente para zero. Qual das trajetórias abaixo o disco voador irá seguir depois de “c”?



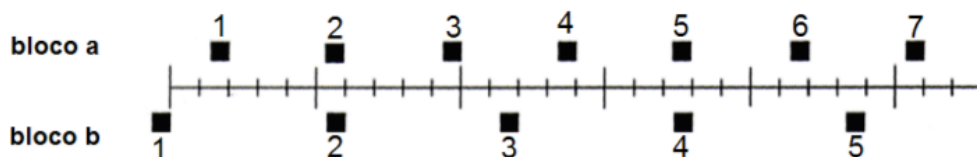
9. Depois da posição “c”, a velocidade do disco voador está:
- constante;
  - continuamente aumentando;
  - continuamente diminuindo;
  - aumentando inicialmente e depois ficando constante;
  - constante inicialmente e depois diminuindo.
10. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante “ $v_o$ ”.
- A força constante aplicada pela mulher:
- Tem a mesma intensidade que o peso da caixa;
  - É maior do que o peso da caixa;
  - Tem a mesma intensidade que a força total que resiste ao movimento da caixa;
  - É maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa;
  - É maior do que o peso da caixa e maior, também, do que a força total que resiste ao movimento.
11. Se a mulher da questão anterior duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:
- Com o dobro da velocidade constante “ $v_o$ ” da questão anterior;
  - Com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
  - Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
  - Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;

e) Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.

12. Um avião em voo horizontal larga um objeto, como mostrado na figura. Qual trajetória, quando vista por um observador situado no chão, mais se aproxima daquela seguida pelo objeto depois de deixar o avião?



13. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:

- A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”;
  - A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são maiores do que zero;
  - A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”;
  - A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero;
  - Não há informação suficiente para responder à pergunta.
14. Na figura abaixo, o estudante “a” tem uma massa de 95 kg e o estudante “b” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “a” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “b”, como

mostrado na figura. De repente, o estudante “a” dá um empurrão com os pés, fazendo com que ambas as cadeiras se movimentem.



Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “a” exerce uma força sobre o estudante “b”, mas o estudante “b” não exerce nenhuma força sobre o estudante “a”;
- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força;
- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.