



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA NO CURSO DE MESTRADO
PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA

Maicon Teixeira de Matos

ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA – CONSTRUÇÃO E
APLICAÇÃO DE CARRINHOS DE CONTROLE REMOTO PARA ABORDAGEM
DO CONTEÚDO DE DINÂMICA – FORÇAS E AS LEIS DE NEWTON.

ARARANGUÁ, SC
2021

Maicon Teixeira de Matos

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA – CONSTRUÇÃO E
APLICAÇÃO DE CARRINHOS DE CONTROLE REMOTO PARA ABORDAGEM
DO CONTEÚDO DE DINÂMICA – FORÇAS E AS LEIS DE NEWTON**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa.

ARARANGUÁ, SC
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Matos, Maicon Teixeira de

Robótica educacional no ensino de física - construção e aplicação de carrinhos de controle remoto para abordagem do conteúdo de dinâmica - forças e as leis de Newton / Maicon Teixeira de Matos ; orientador, Marcelo Zannin da ROSA, 2021.

242 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Física, Araranguá, 2021.

Inclui referências.

1. Física. 2. Polias.. 3. Arduino.. 4. Metodologia de ensino de Física.. 5. Robótica educacional.. I. ROSA, Marcelo Zannin da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Física. III. Título.

Maicon Teixeira de Matos

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA – CONSTRUÇÃO E
APLICAÇÃO DE CARRINHOS DE CONTROLE REMOTO PARA ABORDAGEM
DO CONTEÚDO DE DINÂMICA – FORÇAS E AS LEIS DE NEWTON.**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros

Prof. Dr. Evy Augusto Salcedo Torres
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Luiz Fernando Belchior Ribeiro
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em ensino de física obtido pelo Programa
de Pós-Graduação em Física no curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Leandro Batirolla Krott

Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa

Orientador

Araranguá, SC, 2021.

Este trabalho é dedicado minha esposa Ana Paula e aos meus filhos Davi e Brenda, por todo apoio, incentivo e carinho no transcorrer desta caminhada e por nunca deixar de acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida e minha saúde.

À Universidade Federal de Santa Catarina do polo de Araranguá e à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) do polo de Araranguá, representados na pessoa do coordenador Leandro Batirolla Krott por compartilhar seus conhecimentos.

Ao meu orientador Marcelo Zannin da Rosa pela oportunidade de compartilhar comigo seus conhecimentos, fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho, sua dedicação nas orientações e a paciência para a construção deste trabalho.

A todos os funcionários da universidade, pelo carinho e atenção.

A todos os colegas da turma 2017/2018 do MNPEF pela convivência, troca de conhecimento e companheirismo durante esta etapa de nossas vidas, em especial às minhas colegas Keli Cristina Luchese, Schirley Aparecida de Alano Scheffer e Tânia Aline Varela da Silva.

Ao meu amigo Douglas Edson Schereiber incentivo e os debates para a construção da ideia inicial deste trabalho.

Em especial a pessoa que mais me incentivou nesta caminhada, minha amada esposa Ana Paula Tiscoski Coelho, sem você nada disso seria possível, obrigado, obrigado e obrigado por tudo.

Aos meus filhos Davi Tiscoski Teixeira de Matos e Brenda Tiscoski Teixeira de Matos, desculpas pelos momentos de ausência, papai ama vocês incondicionalmente.

“Embora os mestres e os livros sejam auxiliares necessários. É do esforço próprio que resulta os mais complexos e brilhantes resultados”

(Garfield por Jim David)

RESUMO

Este trabalho descreve uma proposta pedagógica na disciplina de Física, destinada ao estudo sobre Dinâmica no conteúdo das Forças e Leis de Newton em que trabalha o sistema de polias. O produto educacional utilizou a robótica educacional na qual os alunos construíram um carrinho controlado remotamente via *bluetooth* para rebocar peso com o auxílio de um aparato de polias. Optou-se por utilizar materiais que apresentassem um baixo custo e portátil e pudessem ser empregados em novos conteúdos. A utilização experimento com o uso da robótica educacional é uma ferramenta para uma educação voltada ao século XXI. O questionamento norteador deste trabalho foi “Como o uso da robótica baseada nas teorias de aprendizagem de Vygotsky pode contribuir para a formação integral dos estudantes?”. Para este fim, foram desenvolvidas e aplicadas quatro sequências didáticas envolvendo a utilização da Robótica Educacional aos conteúdos de Dinâmica sobre as Forças e as Leis de Newton, buscando explorar e tirar proveito de recursos tecnológicos para aumentar o interesse do aluno nas aulas de física. Nos grupos de trabalho, foram montados carrinhos controlados remotamente através de aplicativo para aparelho móvel. Para o desenvolvimento destas atividades, foi desenvolvido um manual e um guia de montagem do carrinho, totalmente ilustrado. Também foi disponibilizado manual de montagem do aparato de polias. A proposta apresentada foi implementada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio da Escola de Educação Básica Joaquim Ramos, localizada na cidade de Criciúma/SC. As etapas do projeto foram divididas em três partes: (i) Preparação, (ii) Execução e (iii) Fechamento. Na Etapa de preparação: realizadas divisões dos grupos de trabalho, confecção das carenagens, montagem da parte eletrônica, os testes de rodagem do carrinho e resposta do questionário eletrônico individual. A etapa da execução: na qual foram implementadas as quatro etapas da pesquisa sobre a força de tração, polia fixa, polias móveis e associação de polias; estas etapas foram desenvolvidas no laboratório de ciências da escola, onde os grupos de trabalho buscavam soluções que exigiram deles muito mais que simples resoluções de cálculos matemáticos e aplicações de fórmulas prontas sobre o conteúdo de polias. Essas experimentações, criações e refutações de hipóteses pelos alunos formulados, só são possíveis quando o erro é visto como parte do processo de aprendizagem e colabora para a construção do conhecimento e elaboração dos conceitos adotados nesta pesquisa. A etapa de fechamento: ao final de cada atividade da etapa anterior, eram coletados os questionários das respostas formuladas pelos grupos de trabalho e ao final de todo o processo, cada estudante realizou um questionário eletrônico. A análise dos resultados juntamente com a aplicação e implementação desta proposta metodológica, tem como objetivo buscar respostas, fomentar e implementar soluções para a questão norteadora desta pesquisa. O trabalho que foi desenvolvido com uso da robótica educacional contribuiu de forma significativa, para o aprendizado dos estudantes, como constatado nos instrumentos de avaliação utilizados, resultando em uma maior participação nas aulas e na sua motivação ao estudo da física e empenho na busca de soluções, mostrando que a escola pública pode e deve ser um local em que os recursos tecnológicos agregam e são ferramentas fundamentais para o ensino.

Palavras-chave: Polias. Arduino. Metodologia de ensino de Física. Robótica educacional

ABSTRACT

This work tests a pedagogical proposal in the discipline of Physics, aimed at the study of Dynamics in the content of Newton's Forces and Laws in which the pulley system works. The educational product uses educational robotics in which students built a remotely controlled cart via bluetooth to haul weight with the aid of a pulley device. We chose to use materials that were low cost and portable and could be used in new content. Experimental use with the use of educational robotics is a tool for an education focused on the 21st century. The guiding question of this work was "How can the use of robotics based on Vygotsky's learning theories contribute to the integral formation of students?". To this end, four didactic sequences involving the use of Educational Robotics were developed and applied to the contents of Dynamics on Newton's Forces and Laws, seeking to explore and take advantage of technological resources to increase student interest in physics classes. In the work groups, carts were set up remotely controlled through a mobile device application. For the development of these activities, a manual and a guide for the assembly of the cart were developed, fully illustrated. A manual for the assembly of the pulley apparatus was also made available. The proposal presented was implemented with first-year high school students at the Joaquim Ramos Basic Education School, located in the city of Criciúma/SC. The project stages were divided into three parts: (i) Preparation, (ii) Execution and (iii) Closing. In the Preparation stage: divisions of work groups were carried out, fairings were made, the electronic part was assembled, the cart running tests and the individual electronic questionnaire answered. The execution stage: in which the four stages of the research on traction force, fixed pulley, mobile pulleys and pulley association were implemented; these steps were carried out in the school's science laboratory, where the work groups sought solutions that required much more than simple mathematical calculations and application of ready-made formulas on the pulleys content. These experiments, creations and refutations of hypotheses formulated by the students are only possible when the error is seen as part of the learning process and contributes to the construction of knowledge and elaboration of the concepts adopted in this research. The closing stage: at the end of each activity from the previous stage, questionnaires were collected from the responses formulated by the working groups, and at the end of the entire process, each student completed an electronic questionnaire. The analysis of the results together with the application and implementation of this methodological proposal, aims to seek answers, promote and implement solutions for the guiding question of this research. The work that was developed using educational robotics contributed significantly to student learning, as seen in the assessment instruments used, resulting in greater participation in classes and their motivation to study physics and commitment to finding solutions, showing that the public school can and should be a place where technological resources add and are fundamental tools for teaching.

Keywords: Pulleys. Arduino. Physics teaching methodology. educational robotics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Polia simples com uma corda passado pelo sistema de fixação.	19
Figura 2 - Um ponto de apoio e moverei o mundo.	20
Figura 3 - Mudança do sentido da força em uma roldana fixa.	20
Figura 4 - Força motora e resistência.	21
Figura 5 - Forças atuantes na polia fixa.	23
Figura 6 - Polia móvel.	26
Figura 7 - Forças atuantes na polia móvel paralelas.	26
Figura 8 - Diagrama de corpo livre polia móvel	27
Figura 9 - Deslocamento inicial e final na polia móvel.	28
Figura 10 - Sistema de polias móveis.	29
Figura 11 - Divisão das forças na polia 2 da associação de polias.	30
Figura 12 - Divisão de forças na polia 3 da associação de polias	30
Figura 13 - Forças atuantes em cada polia dos sistemas de polias móveis	31
Figura 14 - Kit de peças de montagem distribuídos aos alunos,	40
Figura 15 - Carrinho controlado remotamente.	47
Figura 16 - Montagem da parte eletrônica.	48
Figura 17 - Realização da medição da força tração.	49
Figura 18 - Aparato com polia fixa e móvel.	50
Figura 19 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de força de tração: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.	57
Figura 20 - Carrinho com massa extra e com a mudança do piso de tracionamento.	59
Figura 21 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de polia fixas: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.	62
Figura 22 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de polia móvel: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.	67
Figura 23 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de associação de polia móvel: (a) G1, (b) G2 e (c) G3	71
Figura 24 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de associação de polia móvel: (a) G4 e (b) G5.	72
Figura 25- As opiniões dos alunos da metodologia utilizada.	73

Figura 26 - Opiniões dos alunos sobre aulas de física antes e depois da implementação.....	73
Figura 27 - Trecho do trabalho do grupo	77
Figura 28 - Esquemas uso das polias nas estruturas.....	78
Figura 29 - Modificações das variáveis físicas.	78
Figura 30 - Trechos da escrita dos grupos de trabalho.....	79
Figura 31 - Interface gráfica do Arduino.....	94
Figura 32 - Seleção do modelo do Arduino.	95
Figura 33 - Selecionando a porta serial do Arduino.....	95
Figura 34 - Interface com o nome do programa.	96
Figura 35 - Carregamento do arquivo.	96
Figura 36 - Led's indicadores RX e TX.....	97
Figura 37 - Status do programa.	97
Figura 38 - Controle com as letras de comando.....	100
Figura 39 - Interface gráfica do MIT APP Inventor.....	104
Figura 40 - Aba de importação de projetos.	105
Figura 41 - Janela de adicionar um URL.	105
Figura 42 - Aba de informação do URL.....	106
Figura 43 - Tela com o aplicativo importado.....	106
Figura 44 - Blocos de comando.....	107
Figura 45 - Aba de compilação do aplicativo.....	108
Figura 46 - Arquivo executável do programa.	108
Figura 47 - Layout do aplicativo instalado.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etapas dos projetos.....	41
Tabela 2 - Força de tração média do carrinho de cada grupo em kgf.	52
Tabela 3 - Força de tração com polias fixas em kgf.....	58
Tabela 4 - Força de tração obtidos com polias móveis em kgf.	63
Tabela 5 - Força de tração obtidos com sistemas de polias móveis em kgf.....	68
Tabela 6 - Notas atribuídas aos alunos	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Aplicativo
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light-emitting Diode</i>
MEC	Ministério da Educação
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
PVC	Policloreto de polivinila
PWN	<i>Pulse-Width Modulation</i>
RE	Robótica Educacional
R.U.R.	<i>Rossum's Universal Robots</i>
SBF	Sociedade Brasileira de Física
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
S.I.	Sistema Internacional
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
USB	Universal Serial Bus
VM	Vantagem Mecânica
Z.P.D.	Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Aceleração
α	Alfa
cos α	Cosseno
S_f	Deslocamento final
S_i	Deslocamento inicial
\vec{F}	Força
\vec{F}_M	Força motora
\vec{F}_R	Força resistência
g	Gramas
kgf	Quilograma-força
m	Massa
N	Newton
n	Número de polias
\vec{P}	Peso
Kg	Quilograma
s	Segundos
\vec{T}	Tensão
ΔS_t	Varição do deslocamento total
\overline{VM}	Vantagem mecânica
V	Volts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS GERAIS	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. FUNDAMENTOS DA FÍSICA	15
3.1 LEIS DE NEWTON	15
3.2 PRIMEIRA LEI DE NEWTON – PRINCÍPIO DA INÉRCIA	16
3.3 SEGUNDA LEI DE NEWTON – LEI DO MOVIMENTO	16
3.3 TERCEIRA LEI DE NEWTON – LEI DA AÇÃO E REAÇÃO	18
3.5 POLIAS	18
3.6 POLIAS FIXAS	22
3.7 POLIAS MÓVEIS	25
3.8 ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS	28
4. REVISÃO BIBIOGRÁFICA	32
4.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM	32
4.2 ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO	35
5. METODOLOGIA	38
5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	38
5.2 O DESENVOLVIMENTO DOS PROTÓTIPOS EXPERIMENTAIS	42
5.3. PROGRAMAÇÃO E INSTALAÇÃO DO ARDUINO UNO	43
5.4. PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO	43
5.5 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	43
5.5.1 Análise dos dados	44
5.5.2 Questionários pré-teste e pós-teste	44
5.5.3 Diário de bordo	45
5.6 AVALIAÇÕES	45
6 RESULTADOS	46

6.1 SUJEITO DA PESQUISA	46
6.2 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES	46
6.3 OS ROTEIROS DE ATIVIDADES PROPOSTAS	50
6.3.1 MONTAGEM E EXECUÇÃO DA ATIVIDADE 1 – FORÇA DE TRAÇÃO	51
6.3.2 MONTAGEM E EXECUÇÃO DA ATIVIDADE 2 – POLIAS FIXAS	57
6.3.3 MONTAGEM E EXECUÇÃO DA ATIVIDADE 3 – POLIAS MÓVEIS	63
6.3.4 MONTAGEM E EXECUÇÃO DA ATIVIDADE 4 – ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS	67
6.4 REGISTRO DAS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS	72
7 PERSPECTIVA FUTURAS	80
8 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	83
Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho	87
Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho	88
Apêndice C - Molde da superior frontal	89
Apêndice D - Molde da superior trazeira	90
Apêndice E - Molde da base	91
Apêndice F - Programação para o carrinho	92
Apêndice G - Programação do Arduino	94
Apêndice H - Programação para o carrinho comentada	98
Apêndice I – Programação do aplicativo	104
Apêndice J - Relatório de atividade	110
Apêndice K - Modelo de relatório força de tração	112
Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa	113
Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis	114
Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis	115
Apêndice O - Lógica de programação	116
Apêndice P - Molde da base para corte a laser	117
Apêndice Q – Produto educacional	118

1. INTRODUÇÃO

A geração atual de estudantes do ensino médio está muito mais inserida, familiarizada e interessada em tecnologia (Persada, 2019; Turner, 2015). O uso de telefones celulares durante as aulas como ferramenta de suporte ao ensino tem se tornado, por exemplo, é uma tendência cada vez mais presente, gerando controvérsia, com argumentos a favor de seu uso (Prensky, 2005; Grant, 2015; Nikolopoulou, 2020) e contra ele (McCoy, 2016; O'Bannon, 2015; Flanigan, 2020).

A robótica é uma prática com grande potencial para impactar a educação em ciência e tecnologia, pois favorece o “aprender fazendo” (Campos, 2017). A utilização desta ferramenta no âmbito educacional pode estimular a curiosidade, empolgação, concentração, orgulho e prazer na realização das atividades (Agláé, 2008) a partir de metodologias específicas que possibilitem o relacionamento entre conteúdos curriculares, como os de Matemática, Artes, Física e Ciências. Assume-se, desta forma, como ferramenta interdisciplinar, defendendo de tal modo a construção do conhecimento (Agláé, 2008). Entretanto, há a necessidade de pesquisa sobre o impacto dos resultados da aprendizagem e sobre novas formas de integrar o uso da robótica educacional nos currículos (Miller, 2016; Benitti, 2012; Zhong, 2020).

O uso de metodologias de aprendizagem apropriadas, como trabalho por projetos, abordagem por competências, aprendizagem baseada em problemas, bem como a aprendizagem científica, podem contribuir de maneira significativa no desenvolvimento dessas habilidades (Campos, 2017).

A aplicação da teoria de Vygostky em conjunto ao ensino de robótica educacional para estudantes do Ensino Médio torna-se um ambiente fértil para a construção e compartilhamento de conhecimento, por propor um ambiente de trabalho em equipe, por meio de compartilhamento de tarefas onde os eventuais erros farão parte do processo, busca-se assim o desenvolvimento de uma aprendizagem colaborativa através do uso da robótica educacional (Agláé, 2008). Desta forma, o estudante passa a aprender através de seus próprios acertos e erros. O erro deixa de ser algo ruim e passa a oferecer oportunidades de aprendizado, para que o aluno entenda porque errou, tornando-se autônomo na construção do seu conhecimento, investigando, explorando, planejando e dando forma a suas ideias (Almeida, Silva, & Amaral, 2013; Zilli, 2004).

No entanto muitos alunos consideram que a disciplina de Física, da maneira que é abordada no ambiente escolar, torna-se complexa e as aulas se concentram em manipulações matemáticas e carecem de exemplos reais (DeWitt, 2019; Erinosh, 2013). A maioria dos livros didáticos de Física traz uma abordagem centrada em cálculos matemáticos, sem qualquer relação com o dia a dia do estudante conforme (Scorsatto, 2010).

O ensino de Física, assim como de outras áreas de conhecimento, continua essencialmente centrado nos conteúdos, sem apresentar ligação com o dia a dia dos estudantes e baseia-se, na maioria das vezes, em aulas expositivas. Nesta perspectiva, os professores tendem a transmitir conteúdos e os estudantes possuem um comportamento passivo no processo, muitas vezes simplesmente realizando cálculos matemáticos ao invés de interpretar fenômenos físicos. No contexto citado, há poucos espaços para a reflexão referentes aos problemas existentes na natureza e muito menos a verificação e a aprendizagem de fenômenos existentes no planeta. (Scorsatto, 2010, p.9).

Conforme (Ferreira & Raboni, 2013):

As aulas de Física têm sido restritas à linguagem textual, acompanhada dos signos matemáticos e físicos, de modo que a grande maioria dos estudantes encontra muita dificuldade na interpretação de leis, postulados, enunciados de problemas e outros, bem como na compreensão do mundo a partir dessas leis, limitando-se quase sempre à aplicação de equações sobre as quais pouco sabem falar. (Ferreira & Raboni p. 86, 2013)

Esta forma de ensino da Física, que se encontra centrada na manipulação matemática e vem sendo empregada a décadas pelos professores de ensino médio, está recriando os modelos apresentados a estes profissionais em sua formação, onde (Moreira M. A., 2020).

... parece que nunca saímos do paradigma do livro. Em nosso ensino de graduação, tanto nas disciplinas de Física Geral como nas avançadas, é o livro de texto quem determina o nível do curso, a ementa, o programa, a sequência das aulas, enfim, o plano de ensino da disciplina. O laboratório parece ser uma obrigação incômoda para muitos professores; o ideal aparenta ser explicar, ou simplesmente repetir, o que está no livro e dar uma lista de problemas para os alunos. (Moreira, 2000, p.95).

Para transposição deste paradigma, a participação ativa dos alunos no seu processo de aprendizagem, assume um papel significativo no processo de construção do conhecimento (Moreira M. A., 2020).

Portanto, para o ensino médio a perspectiva é de uma mudança radical: Física não dogmática, construtivista para a cidadania, com ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno, do concreto para o abstrato, Física Contemporânea (Moreira M. A., 2000, p.98), possibilitando assim, que o aluno possa testar ideias sobre o conteúdo de Física proposto a ele. E com a inserção da robótica educacional como instrumento de socialização na disseminação do conhecimento, torna-se um caminho motivador para o aprendizado, pois a mesma permite desenvolver trabalhos em equipe levando o estudante à interações sociais em seu grupos de trabalho, que de acordo com Vygosky (Vygosky, 2001) é fundamental para o desenvolvimento do conhecimento.

a zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível real de desenvolvimento determinado pela resolução de problemas independentemente e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com companheiros mais capacitados. (Vygosky, 2001)

Na teoria vygotskyana os agentes envolvidos devem ter contato com o experimento e a troca de saberes. O desenvolvimento cognitivo se dá pelo processo de internalização da interação social com materiais fornecidos pela cultura (Silva & Gonçalves, 2007).

Experimentos são frequentemente usados para ilustrar e contextualizar os conceitos e motivar os alunos (Anwar, 2019; Azar, 2011; Schwichow, 2016; Cardoso, 2019; Arís & Orcos, 2019). A apresentação de experiências e demonstrações em sala de aula, geralmente, negligencia as interações entre os estudantes e entre eles e o instrumental. Ocorrem aulas expositivas em que o experimento realizado pelo professor equivale a um recurso audiovisual (Gaspar & Monteiro, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Essa pesquisa propõe desenvolver e aplicar um produto educacional de baixo custo para ilustrar as leis de Newton com experimentos com robótica educacional, fazendo uma análise do seu uso como ferramenta para uma educação voltada ao século XXI, e como essa metodologia pode contribuir para a formação integral dos educandos embasada na teoria de aprendizagem de Vygotsky.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Montar o hardware de um carrinho de controle remoto;
- Desenvolver a comunicação e controle do carrinho via aplicativo de celular;
- Desenvolver um produto educacional para o estudo de polias em Física do Ensino Médio.
- Elaborar sequência didática que aborde os conceitos de polias;
- investigar a aplicação de um produto educacional desenvolvido na eficiência didática/pedagógica de alunos de 1º ano do ensino médio
- Realizar a análise crítica sobre a aplicação;

3. FUNDAMENTOS DA FÍSICA

3.1. LEIS DE NEWTON

Ao longo da história da humanidade existiu uma série de notáveis pensadores, filósofos, matemáticos e físicos, que contribuíram para a existência dos pressupostos teóricos que antecederam a este notável físico, Isaac Newton.

O publicação das Leis de Newton, provocou na história da ciência um marco conceitual de fundamental importância, pois alterou as concepções de mundo da humanidade dando uma explicação universal e contundente para os movimentos dos corpos (Menezes L. d., 2016).

A necessidade de criação de um marco temporal para a realização desta escrita, será realizada como utilizada com publicação por Isaac Newton uma de suas obras que versam sobre o assunto abordado nesta pesquisa.

A obra escolhida foi *Philosophiae naturalis principia mathematica*, ou Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, publicada em 5 de julho de 1687.

Esta obra foi a mais completa sistematização do conhecimento de sua época, na qual toda Física clássica foi sintetizada em uma única obra, unindo a cinemática de Galileu e a Astronomia de Kepler.

O núcleo central dos Principia, constituem os três pilares fundamentais que chamamos Mecânica Clássica, que justamente por isso também é conhecida por Mecânica Newtoniana.

As leis de movimento de acordo com Newton no Principia, segundo (Balola, 2010):

- Lei I: Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas. [...]
 Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motriz impressa, e dá-se ao longo da linha reta em que aquela força é impressa. [...]
 Lei III: A uma ação corresponde sempre uma reação contrária e igual: ou seja, as ações de dois corpos entre si são sempre iguais e vão em direções contrárias. (Balola, 2010, p. 32-33).

As leis de Newton estão enunciadas no livro didático de (Fukui, Molina, & Venê, 2006) como:

- Lei I - Se nenhuma força atua em um corpo, ou se a resultante das forças que atuam for nula, o corpo fica em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).
 Lei II - Quando a resultante das forças externas que atuam sobre um corpo é não nula ($R \neq 0$), sua velocidade vetorial sofrerá alteração. Essa alteração de velocidade (aceleração) é proporcional à intensidade da resultante.
 Lei III - Quando um corpo interage com outro, aplicando-lhe uma força (ação), recebe desse corpo a aplicação de outra força (reação), de mesma intensidade e mesma direção, mas de sentido oposto. (Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 109 – 119)

3.2. PRIMEIRA LEI DE NEWTON PRINCÍPIO DA INÉRCIA

A primeira lei de Newton, denominada de Princípio da Inércia, tem seu enunciado descrito da seguinte forma. “Existem referenciais chamados inerciais tais que, nesses referenciais, uma partícula isolada se move em linha reta percorrendo distâncias iguais em tempos iguais”. (Cabral, 1984).

Percebemos neste enunciado deixa explícito que são referenciais inerciais, sem os quais não podemos caracterizar de forma apropriada a Mecânica.

Quando não adotarmos um referencial inercial como podemos afirmar que o referencial que adotamos é inercial a qualquer outro referencial, que se encontra movendo como velocidade (módulo, direção e sentido) constante em relação a este corpo que consideramos em inercial.

Ao consideramos o nosso referencial inercial em nosso sistema, podemos considerar que o resultante da soma de todas as forças (\vec{F}_{res}) que atuam no sistema é zero, matematicamente representamos esta situação como:

$$\begin{aligned} & \textit{Primeira lei de Newton} \\ & \vec{F}_{res} = \vec{0} \end{aligned} \tag{1}$$

Newton conseguiu mostrar o comportamento de um corpo a resultante das forças é igual a zero, porém, sentiu necessidade de entender o que acontece quando um corpo está sob a ação de forças, pois a experiência diz que dada força produz acelerações de módulos diferentes, em corpos diferentes, com massas diferentes.

3.3. SEGUNDA LEI DE NEWTON – LEI DO MOVIMENTO

A segunda lei de Newton, denominada Lei do Movimento, diz que a força resultante que age sobre um corpo deve ser igual ao produto da massa do corpo por sua aceleração.

Este princípio, também chamado de princípio fundamental da dinâmica.

Como exemplo pegaremos dois objetos de formatos similares e massas distintas.

Uma bola de tênis e uma bola de basquete, a força aplicada (\vec{F}) em ambos os casos será idêntica, sendo que a massa (m) das bolas são diferentes resultando em uma aceleração (\vec{a}) diferente em ambos os casos.

Na mecânica clássica o momento linear (\vec{p}), ou simplesmente momento, é um vetor que é determinado pelo produto da massa (m) do objeto por sua velocidade(\vec{v})

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (2)$$

Conforme (Halliday, Resnick, & Walker, 1996), Newton em seu famoso livro Principia, descreveu a segunda lei do movimento em termos do momento linear (que chamou de quantidade de movimento).

Como sabemos que a massa pode variar com o tempo, no entanto, para a realização deste experimento será considerado que a massa não sofrerá nenhuma alteração.

Na equação (1) temos a formulação da 2ª Lei de Newton com base em seu momento linear. Fazendo a derivada em ambos membros podemos expressar matematicamente a 2ª Lei de Newton da seguinte forma:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3)$$

Reescrevendo a equação (3) e trocando a derivada em função do tempo pela aceleração, teremos:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad (4)$$

Na equação (4) mostra força resultante sobre um determinado corpo é igual à variação de sua quantidade de movimento durante um determinado intervalo de tempo.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (5)$$

Sendo essa, a expressão contida nos livros didáticos que tornou-se a mais “conhecida”, correspondente à segunda lei de Newton escrita da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \textit{Segunda lei de Newton} \\ & \vec{F} = m \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (6)$$

Ou temos a segunda lei de Newton em termos das componentes da força e da aceleração, que matematicamente fica desta forma:

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot \vec{a}_x ; \vec{F}_{res,y} = m \cdot \vec{a}_y ; \vec{F}_{res,z} = m \cdot \vec{a}_z \quad (7)$$

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot \frac{d\vec{v}_x}{dt} ; \vec{F}_{res,y} = m \cdot \frac{d\vec{v}_y}{dt} ; \vec{F}_{res,z} = m \cdot \frac{d\vec{v}_z}{dt} \quad (8)$$

Nas expressões apresentadas anteriormente vale lembrar que a força resultante aplicada (\vec{F}), a massa (m) e a aceleração (\vec{a}) realizada sobre um corpo, ocasiona uma aceleração diretamente proporcional a força aplicada sobre este corpo.

Sendo a massa, o comprimento e o tempo definidos como grandezas fundamentais no estudo da física, a força é uma grandeza derivada. Assim a unidade padrão para força é chamada de Newton, sendo representada matematicamente por:

$$1 \text{ Newton} = (1 \text{ quilograma}) \times (1 \text{ metro por segundo ao quadrado}) \quad (9)$$

$$N = kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad (10)$$

Assim em decorrência a segunda lei de Newton quando existir várias forças atuando sobre um único ponto material, levamos em conta o princípio da superposição que afirma, para todos os sistemas lineares o resultado de duas ou mais forças atuando sobre o sistema, teremos a seguinte situação onde o vetor resultante é igual ao multiplicação da massa do corpo pelo vetor de aceleração deste corpo. Podemos representar esta da seguinte forma:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (11)$$

3.4. TERCEIRA LEI DE NEWTON – LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

A terceira lei de Newton, denominada ação e reação, enuncia que se um corpo A exerce uma força (\vec{F}_{AB}) sobre um corpo B, então o corpo B também exercerá uma força (\vec{F}_{BA}) de mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários, isso significa que as duas forças têm módulos iguais e sentidos opostos e pode ser descrito matematicamente da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \text{Terceira lei de Newton} \\ & \vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \end{aligned} \quad (12)$$

3.5. POLIAS

As polias, roldanas ou moitões, como podemos observar na Figura 1, são peças mecânicas, constituídas de uma roda de material rígido, de metal, madeira ou plástico, lisa ou apresentando uma fenda ou fulcro no disco, acionada por uma correia, corda ou fio, flexível e inextensível que gira sobre um eixo

central e transferindo o movimento e a força para outro objeto, podendo ser associado a outras polias, assim fazendo o trabalho de uma engrenagem.

Figura 1 - Polia simples com uma corda passado pelo sistema de fixação.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

Estes dispositivos mecânicos são instalados com o propósito de facilitar o transporte ou deslocamento de peso nas mais diversas atividades humanas.

Podemos caracterizar um sistema de polias de duas formas.

Na primeira que podemos considerar um sistema de polias é considerá-lo ideal, onde tem a capacidade de mudar a direção do fio e transmitir a força aplicada integralmente, acoplada a um fio ideal, sendo este caracterizado por ter uma massa desprezível, ser inextensível e flexível, ou seja, é capaz também de transmitir totalmente a força aplicada nele de uma extremidade à outra, podemos assim considerar o sistema como se os corpos estivessem encostados.

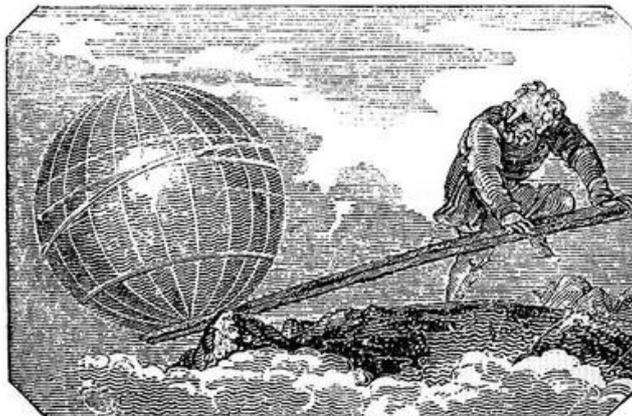
Na segunda de considerar um sistema de polias chamado de real, onde tem a capacidade de mudar a direção do fio, no entanto, parte da força aplicada nesta mudança de direção e perdida no processo, o fio utilizado para tem massa, é extensível e flexível, ou seja parte da força aplicada absorvida por ele e não transmitida totalmente a outra extremidade.

A história relata que Arquimedes, grego do terceiro século a.C., foi a primeira pessoa que construiu e usou um sistema de roldanas, assim ele podia deslocar grandes pesos exercendo pequenas forças, segundo (Assis, 2008):

Diversos autores mencionam uma frase famosa de Arquimedes em conexão com suas invenções mecânicas e sua capacidade de mover grandes pesos realizando pouca força: “Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra,” Esta frase foi dita quando ele conseguiu realizar uma tarefa solicitada pelo rei Hierão de lançar ao mar um navio de muitas toneladas, movendo-o apenas com a força das mãos ao utilizar uma engrenagem composta de um sistema de polias e alavancas. (Assis, 2008, p.16)

A célebre frase “Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra” atribuída a ele, como podemos observar na Figura 2, mostra que desde aqueles tempos o princípio das alavancas já era compreendido. O relato mais antigo da representação da utilização de uma polia que temos registro é datado de 800 a.C., em um mural da Assíria (Assis, 2008).

Figura 2 - Um ponto de apoio e moverei o mundo.

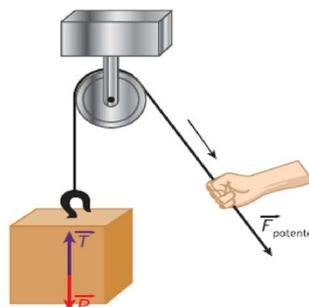


Fonte: Disponível em: <<https://www.idoneos.com>>

Na Física, as alavancas e polias são consideradas simples máquinas, no entanto com princípios físicos a estas duas máquinas simples são completamente diferentes.

As polias, dependendo da maneira como estes dispositivos são utilizados podem servir para multiplicar forças ou simplesmente mudar o seu sentido. Têm como princípio básico que a força realizada sobre uma de suas extremidades seja transmitida para a outra extremidade da carga, mudando assim o sentido da força aplicada, como podemos observar na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Mudança do sentido da força em uma roldana fixa.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

Segundo (Barbieri, 2011) uma máquina simples é definida como:

máquina simples é aquela que não pode ser decomposta em outra. Em geral, no estudo das máquinas simples as grandezas físicas de interesse são: força potente resultante, força resistente resultante, braço mecânico de potência, braço mecânico de resistência, trabalho potente, trabalho resistente, momento tórsor potente (ou torque potente), momento tórsor resistente (ou torque resistente). Todavia, é observado que no estudo em particular de uma determinada máquina, apresentado por muitos livros didáticos, não se menciona a física de muitas grandezas presentes na situação em questão.

A pretensão é reforçar a ideia de que a máquina somente é o elemento de transmissão de força, independentemente de sua configuração. A preocupação de certa forma está concentrada nas forças,

potente e resistente, que se posicionam nas extremidades dessas máquinas simples. (Barbieri, 2016, p. 4205-2)

Considerar as polias como máquinas simples; as suas classificações são apresentadas por (Fukui, Molina, & Venê, 2006) sendo:

Há dois tipos de polia: fixa e móvel. Ambas funcionam como uma alavanca: uma extremidade da corda é presa a carga a ser deslocada, sendo está a extremidade onde atua a força resistente; a outra extremidade é usada para puxar a corda e deslocar a carga, sendo está a extremidade onde atua a força potente. No meio, o ponto de fixação da polia serve como apoio.

Nos estudos de polias, neste livro, o cabo ou a corda que conecta todo o sistema é considerado ideal, ou seja, fios inextensíveis e polias que giram livremente sem atrito, todos com massa desprezível. (Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133).

Conforme (Barbieri, 2011) comenta:

Quando se estuda polias pelos textos em livros didáticos não fica clara a observância das utilidades delas independentemente de suas classificações, fixa ou móvel, seja no ensino secundarista, ensino superior ou mesmo pela internet, salvo alguns casos. Os estudos dos livros textos já são conduzidos para suas combinações, ou seja, aos conjuntos de polias. Esses conjuntos também não possuem uma descrição esclarecedora. A dificuldade encontrada em qualquer nível de ensino na exploração desses assuntos. (Barbieri, 2011, p. 4305-3)

Os conjuntos de polias apresentam e podem ser utilizados em diferentes combinações e configurações sendo estas chamadas de força motora (\vec{F}_M) e força resistente (\vec{F}_R), conforme podemos observar na Figura 4.

Figura 4 - Força motora e resistência.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Na física a força motora é o nome dado ao trabalho realizado a favor do movimento de um corpo corresponde à força que se aplica à máquina ao dotando estes corpo de energia cinética e força resistente

como é chamado a força que tem o trabalho de resistência realizado ao contrário ao movimento, isto é, que tenta buscar ser equilibrada ou superada pela força motora, fazendo que o corpo tenha a energia cinética reduzida ou alterada em outros tipos de energia, podendo ser aplicadas em pontos diferentes do sistema. (Menezes L. d., 2016).

Vale ressaltar aqui que o conceito de trabalho que é uma grandeza física, e esta mede a transformação ou transferência de energia, tem sua unidade de medida em Joules. Além disso, o trabalho que é exercido por uma força equivale a sua variação de energia cinética, bem como da energia potencial atribuída a um corpo ou sistema de corpos.

3.6. POLIAS FIXAS

Uma polia fixa tem seu eixo preso a um suporte rígido, que lhe permite apenas o movimento de rotação, impedindo qualquer translação, sendo que as forças agem nos extremos do fio (Barbieri, 2011). Assim, a força de tração ou motora (\vec{F}_M) realizada possui sentido oposto ao do movimento do objeto. Esta força aplicada ao sistema é, em um modelo ideal, igual à força que seria aplicada caso o objeto fosse erguido diretamente com a força aplicada. A vantagem está na possibilidade de mudar a direção de aplicação da força. Outra vantagem da utilização de polias é a possibilidade a força motora seja menor que a força resistente (\vec{F}_R). Este ganho de força, chamado por (Assis, 2008) de vantagem mecânica (VM), é que podemos expressar matematicamente pela fórmula:

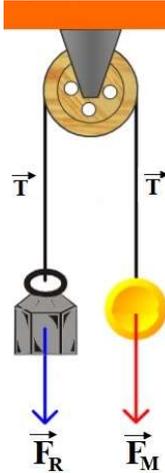
$$VM = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} \quad (13)$$

Se $VM < 1$, temos desvantagem mecânica: a força empregada é maior que a força de resistência.

Se $VM = 1$, as forças são iguais: não há vantagem nem desvantagem mecânica ao movimentar ou equilibrar o objeto.

A Figura 5 ilustra o sistema de forças de uma polia com seu eixo central fixo. O atrito é desconsiderado neste modelo simplificado. As forças no cabo são modeladas por forças de tensão (\vec{T}) em suas extremidades. São mostradas também no sistema a motora (\vec{F}_M) e resistente (\vec{F}_R).

Figura 5 - Forças atuantes na polia fixa.

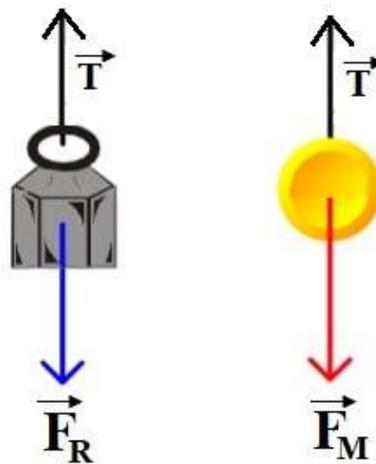


Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Ao analisar o sistema de forças atuantes na Figura 5 podemos perceber que ambas as forças de tração (\vec{F}_R) e motora (\vec{F}_M) exercidas no fio são empregadas com a mesma intensidade e no mesmo sentidos, fazendo que o sistema se encontre em equilíbrio.

Quando analisamos o sistema na representação das forças atuantes através do diagrama de corpo livre do sistema representados na Figura 5, percebemos as seguintes forças.

Figura 6 - Diagrama de corpo livre de uma polia fixa



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

No diagrama de corpo livre da Figura 6, temos as seguintes forças atuando.

$$\begin{cases} -\vec{F}_R = \vec{T} \\ -\vec{F}_M = \vec{T} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} -(m \cdot \vec{g}) = \vec{T} \\ -\vec{F}_M = \vec{T} \end{cases} \quad (14)$$

Para considerar as forças que atuam em um sistema estas se encontram em equilíbrio estático é necessário observar duas condições.

Primeira condição de equilíbrio: A soma das forças

Um determinado corpo esteja em equilíbrio é que a soma de todas as forças que atuam sobre ele deve ser nula.

O equilíbrio é estático quando a força resultante sobre o corpo é nula e este está em repouso, ou seja, não possui velocidade, sendo assim, um objeto que se encontra executando movimento retilíneo uniforme, não há aceleração, portanto, conforme a segunda lei de Newton, não existe força resultante.

Como a força é nula e o objeto possui velocidade constante, diz-se que o corpo está em equilíbrio dinâmico.

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (15)$$

Segunda condição de equilíbrio: A soma dos torques

O torque, também chamado de momento de uma força, é a grandeza vetorial relacionada com a rotação de um sistema. Essa grandeza é definida pelo produto da força aplicada perpendicularmente em determinado ponto do sistema pelo braço de alavanca, que corresponde à distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação.

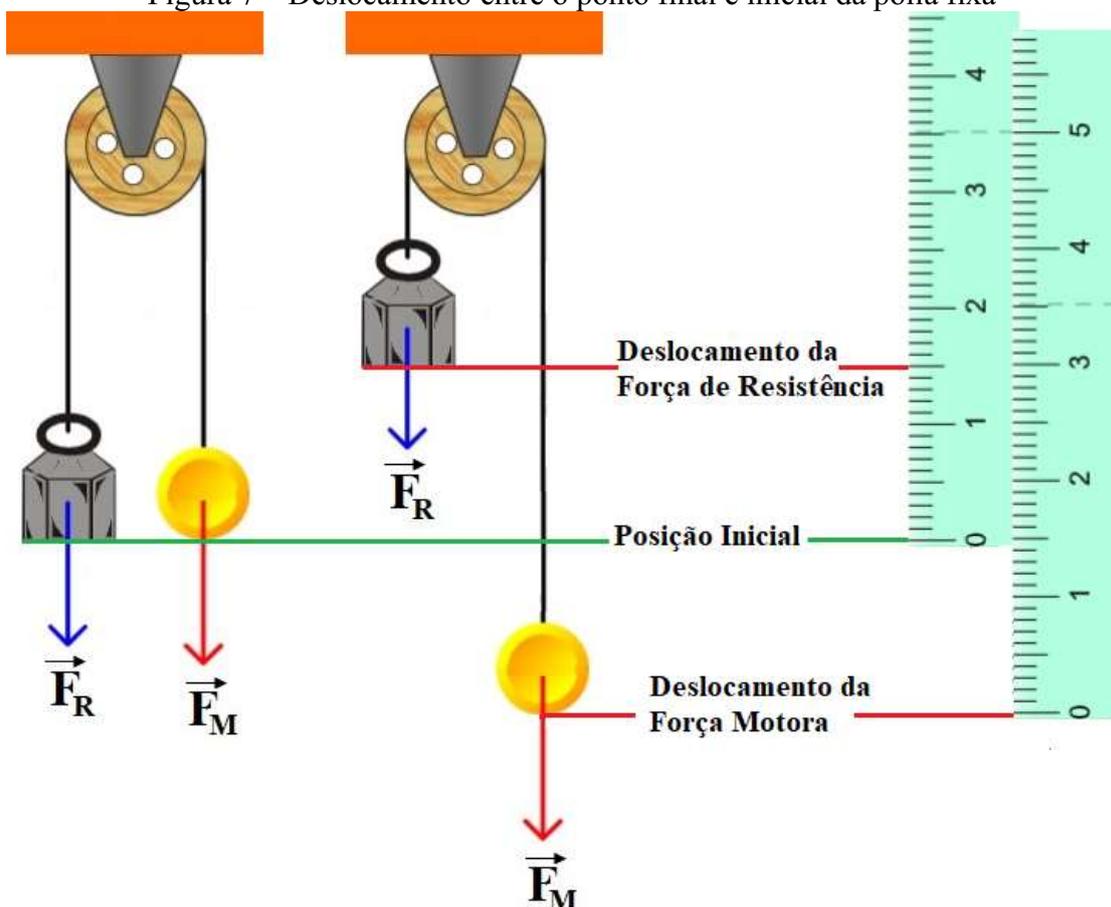
Para que um sistema esteja em equilíbrio, é necessário que não haja rotação, portanto, a soma dos torques que atuam sobre o sistema deve ser nula.

Na Figura 5, podemos observar a segunda condição descrita anteriormente, onde o fio que une estas duas forças está sendo submetido por uma força de tensão (\vec{T}) de mesma intensidade e sentido contrário, aplicada em cada um das extremidades do fio, o somatório das forças atuantes no sistema é nulo e fazendo que o resultando no seu torque também seja nulo. Quando fazemos a utilização de uma polia fixa para a movimentação de cargas, obtemos como vantagem mecânica (VM), de resultado 1. Sendo assim a polia fixa somente proporciona a mudança de direção da força aplicada e não um ganho de força.

$$VM = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = 1 \quad (16)$$

Ao utilizar um sistema de polias fixas, a vantagem a se considerar é que o princípio do deslocamento é o mesmo, fazendo com que o deslocamento apresentado entre o ponto inicial e o final da massa seja o mesmo deslocamento obtido pela força motora (\vec{F}_M) como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Deslocamento entre o ponto final e inicial da polia fixa



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

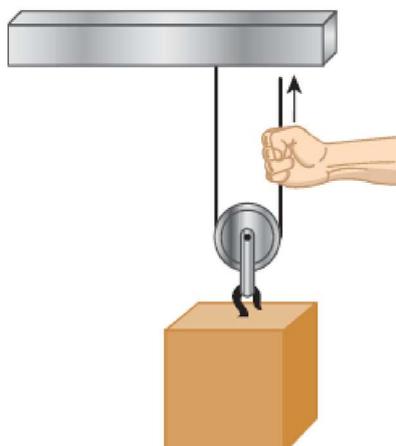
A vantagem mecânica é maior que um quando há redução na aplicação da força motora empregada para o deslocamento da massa a ser movimentada. Para obter esta redução, se faz necessária a utilização de polia móvel na configuração de montagem do sistema.

O objetivo de se investir no uso das polias móveis é de facilitar a realização de algumas tarefas, dependendo como são empregadas.

3.7. POLIAS MÓVEIS

A polia móvel na Figura 8, mostra uma polia móvel que apresenta o seu eixo livre, permitindo rotações e translações, sustentado o peso da massa acoplada a ela sobre o próprio fio e a força resistente (\vec{F}_R), que deve ser superada ou equilibrada encontra-se aplicada no eixo da polia, enquanto a força motora (\vec{F}_M) age no extremo livre do fio, movimentando a massa. (Barbieri, 2011).

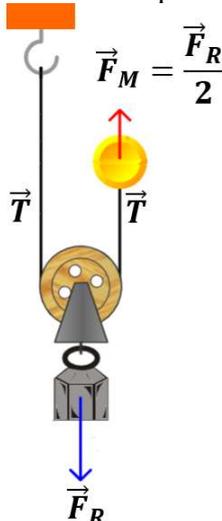
Figura 8 - Polia móvel.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

O sistema de polias paralelas, quando as direções das forças motora e resistente aplicadas ao sistema, estiverem paralelamente, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Forças atuantes na polia móvel paralelas.



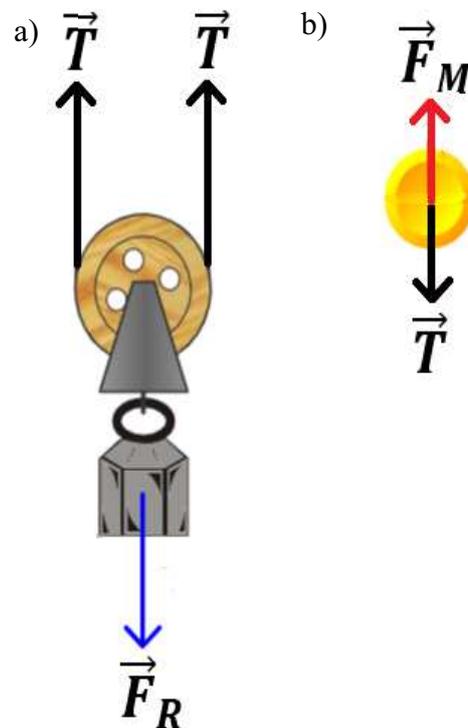
Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Podemos observar na Figura 9, uma polia suspensa por uma corda envolta nela, que está presa ao teto, a massa que está suspensa pela polia exerce uma força de resistência (\vec{F}_R) em uma tensão (\vec{T}) na corda que a segura de mesma intensidade de sua força de resistência (\vec{F}_R).

Quando analisamos o sistema na representação das forças atuantes através do diagrama de corpo livre do sistema representados na

Figura 10, percebemos as seguintes forças.

Figura 10 - Diagrama de corpo livre polia móvel



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

A tensão (\vec{T}) na corda, que está presa em um lado ao teto e ao outro lado a uma força motora (\vec{F}_M), em ambos os lados a tensão possui um valor igual a metade do valor, pois aqui estamos admitindo que é uma roldana utilizada seja do tipo ideal, ou seja, massa desprezível e, portanto, as tensões na corda é consequência apenas devido ao peso do bloco.

Assim, para determinar o valor da força motora (\vec{F}_M) necessária para a movimentação do sistema, podemos escrever a equação matemática com base no diagrama de corpo livre,

Figura 10a, temos.

$$2\vec{T} = -\vec{F}_R \quad (17)$$

$$\vec{T} = \frac{-\vec{F}_R}{2} \quad (18)$$

Incluindo o diagrama de corpo livre,

Figura 10b ao sistema, teremos a seguinte condição:

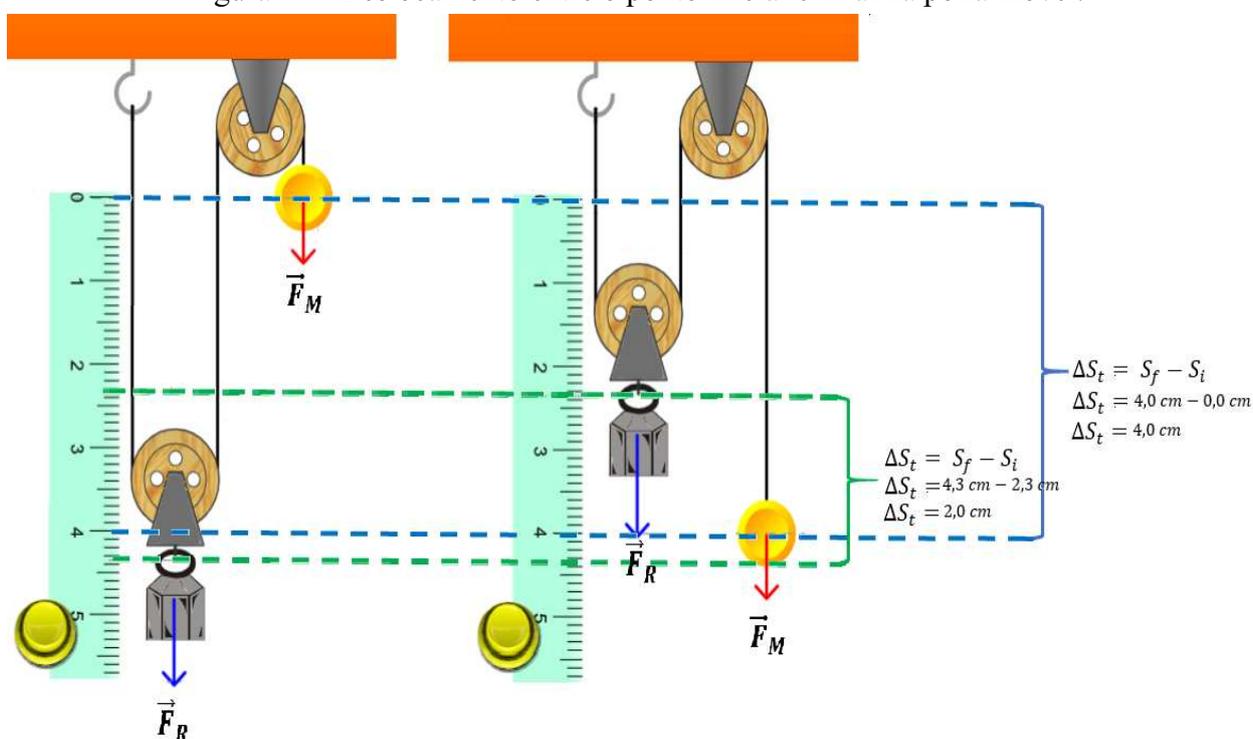
$$\vec{F}_M = -\vec{T} \quad (19)$$

Ao igualar as equações (17) e (18) a equação matemática resultante para a movimentação de uma polia livre fica escrita da seguinte forma:

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \quad (20)$$

A associação de polias móveis como na Figura 11, resulta numa força motora menor, no entanto, o deslocamento total ($\Delta S_t = S_f - S_i$) entre a força motora (\vec{F}_M) em relação a força de resistência (\vec{F}_R), a movimentação da massa será metade do deslocamento total final ocorrido na força motora, quando aplicado para esta movimentação somente uma polia móvel, conforme podemos observar a seguir na Figura 11:

Figura 11 - Deslocamento entre o ponto inicial e final na polia móvel.

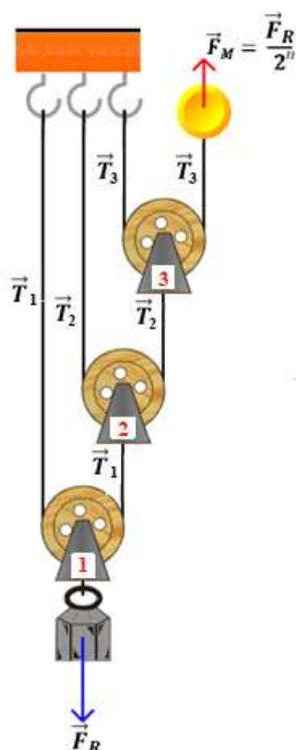


Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

3.8. ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS

Quando acoplamos ao sistema em uso várias polias móveis ao mesmo sistema para realizar a movimentação de grandes massas, chamamos este dispositivo de associação de polias móveis, conforme a Figura 12. No entanto, existem algumas associações bem características e que acabam recebendo os nomes talha, moitão e cadernal, sem muita descrição de qual é um ou outro (Barbieri, 2011).

Figura 12 - Sistema de polias móveis.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

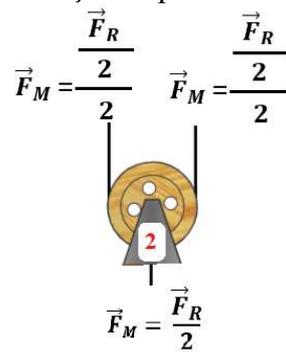
Quando trabalhamos com “n” polias, em um sistema, conforme a Figura 12, a força motora empregada (\vec{F}_M) em sua movimentação da massa (\vec{F}_R) é reduzida pela metade a cada nova polia adicionada ao sistema.

Ao analisar o diagrama de corpo livre de cada uma das polias acopladas no sistema podemos verificar esta situação mais claramente, pois cada uma das polias seguem o mesmo princípio de dimensionamento de forças atuantes utilizados quando trabalhamos com uma única polia móvel que foram deduzidas nas equações (18, 19, 20, 21).

Ao adicionar outra polia móvel ($n = 2$), ao sistema e verificarmos a força necessária para a movimentação da massa (\vec{F}_R) neste ponto de movimentação, perceberemos que será novamente dividida por dois, como o acoplamento desta nova polia, isto ocorre por que as forças atuante no sistema se dividem como explicitado no diagrama de corpo livre realizado em polias móvel na

Figura 10 e podemos replicar este pensamento nesta situação.

Figura 13 - Divisão das forças na polia 2 da associação de polias.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Podemos expressar matematicamente a força atuante no fio da polia 2 da seguinte forma.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2}; \quad (21)$$

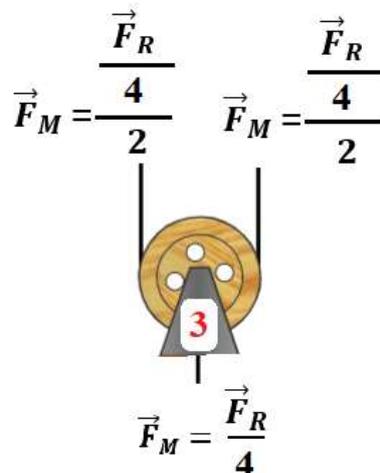
$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \cdot \frac{1}{2}; \quad (22)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^2}; \quad (23)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{4}; \quad (24)$$

Quando adicionamos uma nova polia ao sistema, que chamaremos de (n=3), esta associação novamente a força motora será reduzida pela metade.

Figura 14 - Divisão de forças na polia 3 da associação de polias



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Representaremos matematicamente esta situação da seguinte forma.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \quad (25)$$

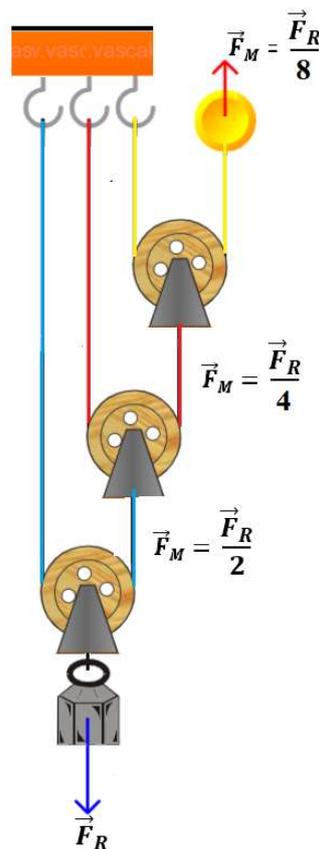
$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{4} \cdot \frac{1}{2}; \quad (26)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^2} \cdot \frac{1}{2}; \quad (27)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^3}; \quad (28)$$

As forças atuantes mostrado na Figura 11 em cada polia fica representado da seguinte forma na Figura 15, onde os fios com as mesmas cores tem as forças atuantes iguais.

Figura 15 - Forças atuantes em cada polia dos sistemas de polias móveis



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Assim de uma forma geral, se continuarmos a acoplar (n) polias em um sistema onde polias móveis, podemos generalizar que a força motora (\vec{F}_M) motora necessária para a movimentação da massa é

igual a força de resistência será dividida por dois elevado à *n*-ésima potência, onde o *n* representa o número de polias móveis do sistema, representado a partir da seguinte expressão da equação matemática.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^n} \quad (29)$$

Ao utilizarmos uma associação de polias móveis, obtemos diminuição da força motora empregada na movimentação do sistema a cada nova polia móvel acoplada. Sua expressão pode ser obtida a partir da equação 29, sendo que *n* é o número de polias móveis acopladas no sistema.

$$VM = 2^n \quad (30)$$

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Com o avanço das tecnologias no atual cenário contemporâneo, as ferramentas tecnológicas tornaram-se usuais em nosso cotidiano de maneira que modificam e contribuem para uma mudança na perspectiva de observações e na postura em relação ao que estamos desenvolvendo e vivenciando no mundo e no ambiente em que estamos inseridos.

O uso destas tecnologias pode ajudar a modificar a qualidade de vida do indivíduo ou de um grupo, na obtenção de novas habilidades, na disseminação de conhecimento das mais diversas formas e origens trazendo informações que podem mudar a vida em sociedade como um todo, permitindo uma maior interatividade entre as relações pessoais, sociais e institucionais.

Com o aumento sistemático da utilização das tecnologias, nos mais diferentes ambientes, a escola não poderia estar à margem desta revolução, assim sendo, podemos fazer delas um grande catalisador no processo de ensino/aprendizagem, na conclusão e na construção do conhecimento, pois a tecnologia sendo um processo dinâmico, interativo e participativo e parece-me conveniente dizer o óbvio, que estamos envolvidos em uma grande quantidade de informações, tendo a necessidade de organizá-las para que possamos construir nosso próprio conhecimento, fazer relações e compreender novas informações.

Muitos estudiosos procuraram compreender a forma que o ser humano aprende a aprender. Desses estudos realizados ao longo da história, surgiram algumas teorias de aprendizagem abordando as mais diferentes formas de como se processa a assimilação do conhecimento.

A escolha para orientação metodológica busca na prática docente e no modelo de ensino e aprendizagem tem respaldo nas ações, métodos e construções contidas nessa dissertação, baseiam-se na linha construtivista pensada por Lev Vygotsky, sendo que as contribuições conceituais fundamentais acerca desta linha filosófica para ensino de física com o uso da robótica educacional seriam observados três pontos principais:

- Interação sócio cultural;
- Zona de desenvolvimento proximal (Z.P.D.);
- Socialização com um ser de maior conhecimento cognitivo.

O ser humano aprende a todo momento, e essa aprendizagem tem relação com o meio em que o indivíduo está inserido. Muitas vezes a sala de aula não permite essa troca de conhecimento entre estudantes, porque muitas metodologias estão voltadas ao conhecimento individual que segundo (Agláé, 2008).

Acreditamos, que esse processo se dá através de um ensino colaborativo, onde parceiros (professores e alunos) construam coletivamente. Entretanto, desenvolver um ambiente onde a aprendizagem colaborativa ocorra não é uma tarefa fácil. É preciso que os profissionais envolvidos trabalhem também de forma a colaborarem uns com os outros. Isso é possível através do planejamento. (Agláé, 2008)

A aprendizagem colaborativa é um desafio a ser realizado por parte do educador, pois o mesmo tem que envolver a sua turma no entorno de uma proposta de trabalho que propicia os meios para essa aconteça, como reforça (Campos, 2017):

O espaço social não é visto aqui com um lugar neutro onde o desenvolvimento de atividades intelectuais acontece, mas sim como intimamente envolvido com o processo e com o resultado do próprio desenvolvimento. Assim, este desdobramento está fundamentado no próprio construcionismo e também marcado fortemente pela presença do sócio interacionismo de Vygotsky. (Campos, 2017; p. 2110)

A aprendizagem na teoria sociocultural acontece nas mediações realizadas no transcorrer da realização do trabalho baseados na Zona de Desenvolvimento Proximal definida por (Vygotsky, 1991):

A zona de desenvolvimento proximal provê psicólogos e educadores de um instrumento através do qual se pode entender o curso interno do desenvolvimento. Usando esse método podemos dar conta não somente dos ciclos e processos de maturação que já foram completados, como também daqueles processos que estão em estado de formação, ou seja, que estão apenas começando a amadurecer e a se desenvolver.

Assim, a zona de desenvolvimento proximal permite-nos delinear o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também aquilo que está em processo de maturação. (Vygotsky, 1991, p. 58)

Conforme a teoria de Vygotsky, sempre que o educador vai aplicar sua aula, ele deve ter claro qual o conhecimento cognitivo de seus educandos já adquiriu. Para que não corra o risco de utilizar conceitos que não estão na zona proximal deles ou ainda utilizar conceitos que estão muito abaixo do que eles já conhecem.

Conforme (Moreira A. C., 2011):

O destaque dado por Vygotsky ao professor valoriza as atividades experimentais em sala de aula no momento em que ela é um instrumento que serve prioritariamente ao professor, agente do processo e parceiro mais capaz a ser imitado. É de responsabilidade do professor, fazer, demonstrar e destacar o que deve ser observado, sobretudo, explicar o modelo teórico que possibilite a compreensão do que é observado e estabelecido cultural e cientificamente". (Moreira A.C., 2011, p. 36).

Na robótica educacional torna possível propor situações problemas aos alunos que estejam de acordo com sua zona de conhecimento proximal, ampliando gradativamente a complexidade de conceitos necessários para a resolução da situação problema, elevando-os à apropriação de mais conhecimento, conforme relata.

De acordo com (Vygotsky, 1991):

o meio através do qual o desenvolvimento avança; em outras palavras, os conteúdos socialmente elaborados do conhecimento humano e as estratégias cognitivas necessárias para sua internalização são evocados nos aprendizes segundo seus "níveis reais de desenvolvimento. (Vygotsky, 1991, p. 87)

O aprendizado se dá pelas relações e interações sociais, tendo sempre um ser com maior conhecimento cognitivo, sendo este o elemento fundamental para o processo de aprendizagem e desenvolvimento, pois segundo (Vygotsky, 2001):

A criança fará amanhã sozinha aquilo que hoje é capaz de fazer em cooperação. Por conseguinte, o único tipo correto de pedagogia é aquele que segue em avanço relativamente ao desenvolvimento e o guia; deve ter por objetivo não as funções maduras, mas as funções em vias de maturação. (Vygotsky, 2001, p. 104)

E segundo (Paula, 2009):

Zona de desenvolvimento próximo, por sua vez, abrange todas as funções e atividades que a criança ou o aluno consegue desempenhar apenas se houver ajuda de alguém. Esta pessoa que intervém para orientar a criança pode ser tanto um adulto (pais, professor, responsável, instrutor de língua estrangeira) quanto um colega que já tenha desenvolvido a habilidade requerida. (Paula, 2009, p. 51)

Ao utilizarmos a robótica como ferramenta de ensino, propõe-se a formação de trabalhos em equipe capaz de proporcionar uma diversidade de conhecimentos cognitivos, fazendo com que o educando, através dessa interação aluno/aluno e professor/aluno, possa se apropriar de novos conhecimentos.

Ao trabalharmos em grupo estamos fazendo com que o educando tenha contato mais íntimo com colegas com maior conhecimento cognitivo, dentro da teoria sócio – cultural esse indivíduo é chamado de ser mais capaz sendo este o guia necessário para a realização das tarefas sugeridas.

4.2. ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO

Em pleno século XXI não podemos pensar nossas vidas sem o uso da tecnologia, inteiramente ligada à nossa vida cotidiana e muitos de nós já tornamos dependentes do uso de alguma forma da tecnologia, seja ela direta ou indiretamente em nosso cotidiano.

Um olhar sobre as indústrias, tendo como ponto de partida a revolução industrial até os tempos atuais, podem nos mostrar vários estágios deste avanço no uso de tecnologia, suas linhas de produção que outrora eram repletas de trabalhadores, este realizavam trabalhos repetitivos e exaustivos, agora vêm sendo gradativamente trocadas por linhas de produções automatizadas na realizações desta tarefas, sabe-se muito bem que essa troca foi buscando cada vez mais lucros com aumento da produção e com isso, resultando nos ganhos de capital nos que do pensando no bem estar do trabalhador.

No entanto, quando na história humana, foi cunhada e empregada pela primeira vez a palavra robô?

Segundo (Almeida, Silva, & Amaral, 2013):

termo robô foi usado pela primeira vez em 1921, por Karel Capek, em sua peça de teatro “Rossum’s Universal Robots”. Já Issac Asimov foi a primeira pessoa a utilizar o termo Robótica em 1941, no seu filme de ficção científica. (Almeida, Silva e Amaral, 2013 p.)

Reforçando esta ideia (Azevedo, Aglaé, & Pitta, 2010):

Foi por meio da literatura, filmes e peças de ficção científicas que o termo robô se popularizou. A palavra “robot” em tcheco, no inglês “robot”, e robô para nós, tornou-se popular quando o escritor tcheco Karel Capek, escreveu, em 1921, a peça R.U.R. (Rossum's Universal Robots). Em sua peça conta a história de um cientista brilhante chamado Rossum, que desenvolve uma substancia química, utilizada para construção de robôs humanóides, que deveriam ser obedientes e realizar todo o trabalho físico. Rossum projetou e construiu um exército de robôs que acabaram se tornando muito inteligentes e dominaram o mundo. (Azevedo, Aglaé e Pitta, 2010)

Nos dias atuais, os robôs desempenham as mais diversas tarefas nas mais diversificadas áreas de nossas vidas, desde atividades simples de nosso cotidiano até tarefas mais complexas de busca e

salvamento, manipulações de materiais que colocariam em risco nossa vida e buscando até salvar ela como em operações cirúrgicas, sendo assim os robôs estão em nossas casas, nosso trabalho, nosso convívio.

A escola como meio social não poderia ficar inerte ao uso de robôs e este vem inserido no meio educacional como robótica. O percurso do uso da robótica com a finalidade de educacional foram os estudos de Seymour Paper, segundo (Lopes, 2008) relata que:

Desde de Resnick e seus colegas do Media Lab, sob orientação de Seymour Papert, desenvolveram no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), a interface LEGO® TLogo, posteriormente, os “tijolos programáveis” e, mais tarde, a criação de sua versão comercial pela divisão educacional da LEGO®, a atividade de design e de programação dos robôs têm deixado de ser matéria exclusiva de faculdades de informática, engenharia mecânica e mecatrônica. A facilidade de montagem e programação dos robôs, os conjuntos de peças articuláveis e as interfaces intuitivas de programação devem ser apontados como fatores que hoje colocam a robótica num campo de acessível aos propósitos educacionais. (Lopes, 2008, p. 49)

Como reforça (Campos, 2017):

A robótica na educação notoriamente emergiu como um recurso tecnológico de aprendizagem, único que pode oferecer o “aprender fazendo”, bem como atividades lúdicas em um ambiente de aprendizagem atrativo, que fomenta o interesse e curiosidade dos alunos. (Campos, 2017, p. 2109)

Nas escolas brasileiras o marco inicial da robótica foi a visita de Papert e Minsk nos anos de 1975 e 1976, trazendo dos resultados de suas pesquisas de atividades desenvolvidas com o uso de computador envolvendo a linguagem LOGO. Em convênio com MEC, UNICAMP, UFRGS, UFRJ e UFPE criou-se o Projeto EDUCOM. (Lopes, 2008, p.39)

Entende-se como robótica educacional, segundo (Lopes, 2008):

Em termos gerais, a robótica educacional (RE) pode ser compreendida como um conjunto de recursos que visa o aprendizado científico e tecnológico integrado às demais áreas do conhecimento, utilizando-se de atividades como design, construção e programação de robôs. (Lopes, 2008, p. 41)

Para (Gomes, Silva, Botelho, & Souza, 2010) robótica educacional é definida como:

como um conjunto de conceitos tecnológicos aplicados à educação, em que o aprendiz tem acesso a computadores e *softwares*, componentes eletromecânicos como motores, engrenagens, sensores, rodas e um ambiente de programação para que os componentes acima possam funcionar. (Gomes, Silva, Botelho & Souza. 2010, p. 206)

Segundo (Menezes & Santos, 2019) a Robótica Educacional:

Termo utilizado para caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares que permitam programar de alguma forma o funcionamento dos modelos montados. Em

ambientes de robótica educacional, os sujeitos constroem sistemas compostos por modelos e programas que os controlam para que eles funcionem de uma determinada forma.

Robótica educacional será caracterizado pelo conjuntos de recurso materiais de montagem, com materiais procedente de sucatas, kits comerciais prontos ou kits montados que se utilizem plataformas livres ou não de programação, que se empregue em suas montagem peças, motores, atuadores e sensores controláveis através de uma linguagem de programação e softwares e tenha a possibilidade de conversar, com computadores, onde os modelos montados possam sofrer modificações em seu design ou na sua construção para que se adapte a determinadas funções ou atividades propostas e sua utilização será pautada em atividades ou sequências didáticas que tenha como a proposta o uso para fins pedagógicos e de construção do conhecimento por parte do aluno.

Para promovermos uma educação voltada a trabalhar habilidades e competências, descritas nos documentos oficiais que norteiam a educação, devemos buscar integrar o conhecimento científico à projetos que levem os estudantes a pensar de forma crítica, visando resolver problemas no meio no qual o aluno está inserido.

Por isso é importante usar ferramentas e metodologias voltadas à resolução de problemas e busca de solução em atividades realizada em grupos, que facilitem a interação social e evitem o individualismo.

O uso da robótica em ambiente escolar tem por objetivo promover a integração entre os alunos, através de atividades em grupo, onde os mesmos devem procurar soluções para resolver uma situação problema proposta pelo professor, bem como, fazer com que o aluno seja observador e consiga fazer ligações entre teoria e prática. Devemos estimulá-lo para analisar criticamente o caso e propor soluções para questões da vida real (UNESCO, 2015).

De acordo com (Campos, 2017):

O uso de metodologias de aprendizagem apropriadas, como trabalho por projetos, abordagem por competências, aprendizagem baseada em problemas, bem como a aprendizagem científica, podem contribuir de maneira significativa no desenvolvimento dessas habilidades. A resolução de problemas e a aprendizagem científica têm estado em evidencia nos últimos anos nas discussões sobre os rumos da educação no país, e pode ser evidenciada nas organizações curriculares das escolas. (Campos, 2017, p. 2113)

Dentro das habilidades interpessoais e intrapessoais podemos citar: confiança, responsabilidade, trabalho em equipe, influência social, empatia, poder de tomar decisões, auto monitoramento, liderança, produtividade, autodidatismo e iniciativa.

Essas habilidades podem ser trabalhadas no âmbito da robótica educacional, quando as atividades são realizadas em grupos e cada um dos integrantes realiza uma função diferente dentro da equipe.

Ao desenvolvermos uma aula, onde o professor busca trabalhar um determinado conceito, buscando a observação de um determinado fenômeno, é possível levar o aluno a perceber que nem sempre conseguimos atingir os resultados esperados na prática proposta.

Conforme descreve (Almeida, Silva, & Amaral, 2013):

A robótica na escola possibilita a autonomia do aluno, permite que ele saia da carteira para atuar em atividades práticas e virar um observador/inventor. Ele passa a aprender através de seus próprios erros e acertos, sendo autônomo na construção do seu conhecimento, investigando, explorando, planejando e dando forma a suas ideias. (Almeida, Silva & Amaral, 2013, p. 181)

O desenvolvimento de aulas utilizando a robótica educacional parte do pressuposto de que o professor deve expor aos alunos uma situação problema, onde o mesmo deverá utilizar conceitos aprendidos em sala de aula, para conseguir desenvolver um robô que sirva como solução para o problema proposto pelo professor.

Como afirma (Almeida, Silva, & Amaral, 2013):

A Robótica Educacional desenvolve competências e habilidades cada vez mais necessárias, principalmente por desmistificar a tecnologia em um mundo cada vez mais global e tecnológico. Assim, é possível perceber possibilidades para novas abordagens de ensino, onde os estudantes se sentirão mais envolvidos e desafiados a resolver problemas e, como consequência, buscarão soluções, construindo o seu próprio conhecimento. (Almeida, Silva & Amaral, 2013, p. 182)

Além disso, é possível desenvolver atividades que façam o aluno observar e analisar tirando suas próprias conclusões. Ao final da aula eles compartilham com as demais equipes o que conseguiram observar, o que deu certo na atividade, como chegaram à solução do problema, mostrando que cada integrante é parte fundamental da equipe e que se cada um não desenvolver o seu papel, a equipe acaba sendo prejudicada. Dessa maneira, é possível fazer o aluno perceber o seu auto monitoramento e sua influência social.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo descrevemos a metodologia aplicada no desenvolvimento do produto desta dissertação as etapas que nortearam criação, desenvolvimento, implementação, as quatro atividades de avaliação didáticas como base nos referenciais bibliográficos e os instrumentos de coletas de dados utilizados na pesquisa.

5.1. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional elaborado para esta dissertação tem como objetivo orientar e ser uma ferramenta de ensino/aprendizagem fundamentada na teoria construtivista de Vygotsky, sobre a utilização e a implementação da Robótica Educacional como recurso pedagógico no ensino-aprendizagem na área de Física, mais especificamente nas áreas de Dinâmica – Forças e as Leis de Newton. Os atores envolvidos serão ativos na construção dos seus conhecimentos e poderão, sob orientação do professor, realizar este projeto de montagem do carrinho controlado remotamente e usá-lo para experimentarem com as Leis de Newton.

Os alunos trabalharam em equipes e buscaram desenvolver seus potenciais, respeitando a opinião dos outros colegas; desenvolvendo a concentração através da montagem, seguindo um manual de instruções, a disciplina, responsabilidade, persistência e a perseverança; estimulando a criatividade, tanto no momento da concepção das ideias, como durante o processo de resolução de problemas.

O processo de montagem do carrinho controlado remotamente acontece com a distribuição a cada equipe do kit de montagem Figura 16, contendo itens necessários a montagens as folhas impressas da carenagem do carrinho disponível Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho,

Apêndice B - Molde da lateral direita do **carrinho**, Apêndice C - Molde da superior frontal, Apêndice D - Molde da superior trazeira e o molde para recorte do MDF disponível no Apêndice E - Molde da base.

Figura 16 - Kit de peças de montagem distribuídos aos alunos,



Fonte: O autor

Nos apêndices Apêndice K - Modelo de relatório força de tração, Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa, Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis e Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis são fornecidos uma sugestões de relatórios de atividades para serem usados nas aulas práticas. Esses modelos de experimentos são pensados para serem executados com alunos do 1º ano do Ensino Médio. No entanto, vale ressaltar que o professor teria total liberdade para adequar/modificar as atividades dependendo das suas finalidades didáticas e objetivos.

Para a realização de todas as etapas nesta sequência didática do carrinho controlado remotamente foi planejado o total de 15 horas/aulas para abordagem do conteúdo de dinâmica – forças e as leis de Newton e distribuída em 8 encontros.

Uma possível organização das aulas, pode ser realizada conforme descrição apresentada na Tabela 1. Este modelo é pensado de tal forma que a realização de todas as etapas pudesse ser iniciada e concluída dentro da carga horária semanal atribuída da disciplina.

Tabela 1 - Etapas dos projetos.

Sessão	Horários de aula	Atividades
1º	2	Apresentação da problematização, resposta do formulário de pré-teste a montagem dos grupos de trabalho.
2º	2	Montagem da carenagem do carrinho.
3º	2	Montagem da parte eletrônica e testes.
4º	2	Atividade 1 com tema de força tração.
5º	2	Atividade 2 com o tema polia fixa.
6º	2	Atividade 3 com o tema polia móvel.
7º	2	Atividade 4 como tema associação de polias.
8º	1	Fechamento da atividade e resposta do formulário pós-teste.

Fonte: O autor

Sendo previsto o número de oito encontros para a realização de todas as sequências didáticas elaboradas, vale ressaltar que o número de aulas pode vir a sofrer alguma variação conforme as características de cada turma que será implementado o projeto em função de alguns fatores externos, tais como, o grau de proximidade entre os alunos e esse recurso tecnológico; o nível de discussões provenientes das relações estabelecidas durante a execução e discussões proporcionadas durante a intervenção didática, entre outros fatores.

Todas etapas de construção do projeto de pesquisa foram planejadas para serem desenvolvidas no laboratório de ciências da escola, durante horário formal de aula pertinente a disciplina, onde os estudantes estariam organizados em cinco grupos fixos de quatro estudantes cada, sob a supervisão do professor pesquisador e titular da disciplina.

A escolha de trabalhar em grupos previamente estipulados, deve-se ao alinhamento pedagógico escolhido para este projeto de pesquisa, onde segundo (Vygotsky, 1991), desenvolvimento mental dos alunos poderia ser melhor avaliado quando eles trabalham em conjunto reconhecendo que o conhecimento é resultado de interações sociais.

A parte da estrutura do aparato de polias, utilizada no projeto, foi montada e projetada pelo professor antes da realização das atividades. Este dispositivo de uso de polias tinha que contemplar todas as funcionalidades do projeto que contribuísse para o desenvolvimento das atividades, sendo possível o seu uso tanto com polias fixas e/ou móveis simultaneamente e tivesse a possibilidade de variação dos pesos a serem suspensos.

A montagem dos carrinhos controlados remotamente, é interessante ser feita e preservada por todo o processo de aplicação da atividade para a preservação dos parâmetros iniciais de suas montagens.

Com a conclusão das atividades com os grupos de trabalho, é possível que os carrinhos controlados remotamente sejam totalmente desmontados e suas peças guardadas e preservadas para futuras utilizações com outros grupos de estudantes, tornando assim, o kit um produto reutilizável, adaptável a outras atividades e que busca unir a robótica educacional ao ensino de física, sendo um economicamente acessível e sustentável

5.2. O DESENVOLVIMENTO DOS PROTÓTIPOS EXPERIMENTAIS

Antes de se utilizar o carrinho controlado remotamente e o aparato de polias em sala de aula, muitos testes e aperfeiçoamentos foram necessários até chegar ao produto final.

A primeira versão do carrinho controlado remotamente tinha somente dois motores de acionamento e uma roda móvel na frente que permitia a sua mudança de direção. Sua base foi desenvolvida primeiramente em papelão e posteriormente trocada por Eucatex. Este modelo foi abandonado pois apresentava pouca capacidade de tração. Além disso, sua estrutura de acoplagem rompia-se devido ao manuseio do cabo de reboque.

Por conta destas limitações o *layout* da base teve que ser repensado e replanejado, desenvolvendo assim uma nova versão que apresentava uma maior capacidade de tracionamento, já que cada roda teria seu próprio motor de acionamento e sua mudança de direção.

Em relação à estrutura de polias o grande desafio foi conseguir alinhar a altura da estrutura com a viabilidade de uso no ambiente escolar, sendo necessário desenvolver e testar quatro tipos de protótipos até chegar à versão final.

Os dois primeiros protótipos, criados em madeira, de tamanhos 50cm x 50cm e 50cm x 80cm, funcionaram bem nos testes iniciais, mas mostraram-se limitados à medida que novas polias eram adicionadas ao sistema, por falta de espaço. O uso de madeira tornaria estruturas maiores muito pesadas e difíceis de deslocar no ambiente escolar. Então, o terceiro protótipo foi construído com a utilização de madeira e canos de PVC, na forma de 50 cm x 100 cm. O problema do peso foi resolvido, mas seriam necessários ajustes adicionais em relação à altura para os içamentos e transporte da estrutura.

No quarto protótipo desenvolvido todos os problemas apresentados nas versões anteriormente conseguiram ser solucionados e possibilitando na chegada do modelo final.

5.3. PROGRAMAÇÃO E INSTALAÇÃO DO ARDUINO UNO

Com o término da montagem do carrinho, necessidade de instalar o *software* que fará os comandos dos componentes utilizados na montagem do carrinho controlado remotamente.

A escolha deste programa para a montagem da programação do carrinho usará a plataforma *open code*, fundamentada em *hardware* e *software* de fáceis manipulação chamada de Arduino, que está disponível para *download* no endereço <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, havendo versões disponíveis para diversos tipos de ambientes operacionais tais como: Windows, Mac e Linux.

Existe a possibilidade de se trabalhar o Arduino nas versões off-line e on-line. Foi escolhido a versão off-line neste tutorial, mas caso queira trabalhar com a versão on-line, deve-se neste acaso acessar o site <https://create.arduino.cc/>.

5.4. PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO

Para fazer o controle das ações do carrinho foi desenvolvido um aplicativo de celular utilizando um plataforma disponível pelo *Massachusetts Institute of Technology* desenvolvedora do aplicativo (MIT APP Inventor) disponível neste endereço <http://ai2.appinventor.mit.edu/>, um ambiente de programação gráfica que permite a criação de aplicativos para as mais variadas formas de plataformas, esta versalidade foi preponderante para a escolha para a criação e desenvolvimento da interface gráfica do aplicativo deste projeto. Para a sua utilização somente é necessária o *login* com uma conta de e-mail do tipo Gmail, um serviço gratuito de E-mail da empresa Google.

O passo a passo para fazer o login e como foi criado o aplicativo está disponível no Apêndice I - Programação do aplicativo

5.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram feitos de duas partes de forma individual e de forma coletiva, de modo a que todos os atores envolvidos no processo participassem da elaboração das atividades propostas.

Os instrumentos de coletas de dados que foram realizados de forma individual foram:

- O formulário chamado questionário pré-teste era composto de 6 questões objetivas e 1 questão discursiva,
- O formulário chamado de questionário pós-teste era composto de 6 questões objetivos e 3 questões discursivas.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados de forma coletiva foram:

- Relatório de para registro de atividades, Apêndice J - Relatório de atividade.
- Relatório de força de tração, Apêndice K - Modelo de relatório força de tração.
- Relatório de polias fixas, Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa.
- Relatório de polias móveis, Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis.
- Relatório de associação de polias móveis, Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis.

Cada grupo recebia uma cópia e completava com as informações necessárias e com as todas as atividades propostas, os grupos de trabalho deveria entregar ao final da etapa de montagem este relatório de registro de atividade preenchido conjuntamente com o relatório da atividade da atividade que estavam desenvolvendo, estas atividades são compostas com perguntas discursivas que serão respondidas através das observações e análises dos dados obtidos com a realização das atividades propostas em cada roteiro desenvolvido.

5.5.1. Análise dos dados

Com a implementação destas etapas buscou-se responder dois questionamentos sobre o trabalho desenvolvido.

Houve um impacto na percepção dos alunos sobre as aulas de física?

As atividades facilitaram o aprendizado?

Adotamos uma abordagem qualitativa para apresentar essas questões (Cohen, Manion, & Morrison, 2011) onde buscávamos compreender os porquês de determinadas respostas que os alunos estavam apresentado sobre física, da metodologia empregada e da estratégia utilizadas para desenvolver esta pesquisa. Estas informações foram coletadas nos documentos dos questionários pré-teste e pós-teste, serviram de norteador do trabalho aqui desenvolvido, conjuntamente com as anotações realizadas no diário de bordo durante o transcorrer das atividades.

5.5.2. Questionários pré-teste e pós-teste

A coleta de dados dos questionários pré-teste e pós-teste foram feitas utilizando o aplicativo do google formulários e foi respondido pelos estudantes por meio digital, sendo enviado a eles por meio de aplicativos de conversa instantânea.

Os dados obtidos no questionário pré-teste serviram de parâmetro para a validação ou não da sequência didática, bem como o aprimoramento do experimento.

Os dados do questionário pós-teste, foram fundamentais de forma a validar a Sequência Didática proposta o uso do aparato de polias e do uso da robótica educacional para o ensino de física.

A utilização de um sistema de avaliação processual possibilitou-nos a percepção do desempenho dos estudantes durante a realização das atividades proposta ao longo da sequência didática.

Com os resultados obtidos pelos alunos nos questionários pré-teste e pós-teste, foi possível estabelecer comparações estatísticas com relação ao seu desempenho antes e após a aplicação da Sequência Didática proposta por esta pesquisa e fazendo comparações com os relatórios entregues durante a realização das atividades comparando com as anotações realizadas pelo professor no diário de bordo.

5.5.3. Diário de bordo

Por sua importância no processo de investigação educacional, o diário de bordo foi utilizado para que, através das anotações realizadas ao final de cada aula, pudéssemos avaliar a utilização do aparato de polias e do uso da robótica educacional durante todo o processo de sua aplicação na Sequência Didática.

As análises críticas das práticas propostas foram realizadas a partir desses registros colhidos durante as aulas e por todo o processo de aplicação, de forma a relacioná-las com os objetivos propostos anteriormente levantados e formular possíveis mudanças no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo da Sequência Didática deste trabalho e possíveis adequações para futuros usos.

5.6. AVALIAÇÕES

Em cada sessão de aplicação da proposta desta pesquisa, os alunos do grupo de trabalho responderam perguntas sobre os conceitos físicos envolvidos nas montagens que acabaram de realizar.

As avaliações foram realizadas, utilizando diversas estratégias e diferentes abordagens, podendo destacar as seguintes propostas sugeridas no roteiro do produto educacional desta dissertação:

Proposta A: Os grupos de trabalho montados pelos alunos devem registrar os valores obtidos em cada medição da força de tração do carrinho controlado remotamente no relatório de atividades preenchendo todos os campos deste relatório, que deve ser entregue ao professor após a realização da atividade.

Proposta B: Resolução do questionamento das atividades de forma individual e/ou em grupos por parte dos alunos.

Proposta C: Pode também ser solicitado um vídeo e/ou foto da atividade que apareça os diversos momentos que foram realizados as medições do carrinho controlado remotamente.

Proposta D: Solicitar que os grupos de trabalho imprimam uma foto do momento da medição do carrinho controlado remotamente e destaque nesta foto da impressão os vetores de força que estão atuando sobre o sistema.

Em cada proposta de avaliação sugeridas se busca de alguma maneira ajudar o processo de avaliar a compreensão dos conceitos abordados e a interpretação dos fenômenos observados em cada etapa do projeto, buscando de forma diferente o aluno mostra que se apropriou-se dos conceitos abordados. Sendo assim, os grupos de trabalhos debateram, pesquisaram, no livro texto ou na internet e entregaram relatórios por meios físicos da equipe com suas conclusões da atividade desenvolvidas.

6. RESULTADOS

Este capítulo discute os resultados obtidos com a utilização do recurso educacional aplicado em consonância com a proposta de metodologia descrita anteriormente e promovendo a relação entre o referencial teórico e a sua prática aplicada em aula.

6.1. SUJEITOS DA PESQUISA

A proposta de trabalho que está sendo apresentada, foi aplicada no segundo trimestre de 2019, mais precisamente entre os meses de outubro a novembro, em uma escola da rede estadual de ensino denominada Escola de Educação Básica Joaquim Ramos, localizadas na cidade de Criciúma do estado de Santa Catarina do período matutino no primeiro ano do Ensino Médio, denominada turma 100 que é composta por 20 estudantes, sendo 9 do sexo feminino e 11 do sexo masculino com idades variando entre 15 e 18 anos.

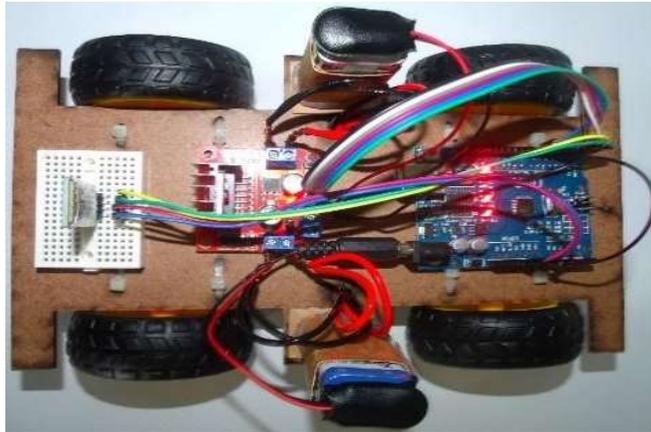
6.2. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

A estrutura de montagem do carrinho controlado remotamente baseou-se na utilização de peças e atuadores da família do Arduino pois representa um kit de baixo custo e fácil aquisição. Utiliza a arquitetura Arduino que possui hardware e software abertos. Possui vastas bibliotecas, que facilitam o uso de diferentes sensores e atuadores, além de fóruns que auxiliam no estudo e desenvolvimento de atividades e se tratando de um software livre não necessário o pagamento de licença para uso que facilitaria muito sua utilização dentro do ambiente escolar.

O kit de montagem foi inteiramente desenvolvido para aplicabilidade e necessidade de cada etapa propostas deste projeto de pesquisa, sendo que suas configurações e sensores podem ser facilmente alterados para adaptações a outras atividades.

A Figura 17 mostra a toda a montagem da estrutura eletrônica do carrinho.

Figura 17 - Carrinho controlado remotamente.



Fonte: O autor

A proposta utilizando e estruturado de uso do carrinho controlado remotamente foi dividido em seis sessões, visando à preparação e a utilização proposta de ensino com atividade estruturada de cunho prático de forma a abordar e trabalhar conceitos físicos com atividades práticas.

De maneira geral a primeira sessão, com duração de 2 horas/aula, foi apresentada em forma de uma explanação oral do projeto de pesquisa e em seguida sendo formados os grupos de trabalho para a realização das atividades.

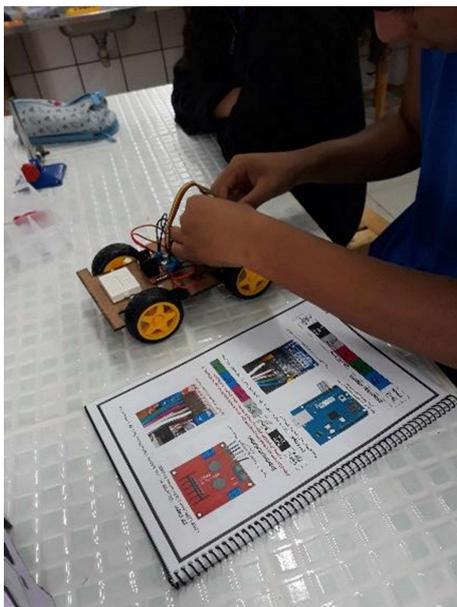
Estes grupos receberam um kit com cópias em formato A4 estrutura de revestimento externa do carrinho controlado remotamente, disponível Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho

Apêndice B - Molde da lateral direita do **carrinho**, Apêndice C - Molde da superior frontal, Apêndice D - Molde da superior trazeira, este deveriam personalizar suas estruturas e depois realizar a montagem e responderam o questionário pré-teste que receberam por meio por aplicativo de mensagens instantânea.

Os grupos decidiram reforçar a parte interna da estrutura de revestimento com papelão duro para proporcionar uma maior firmeza e não ocorresse danos ao ser manuseada nas outras etapas do projeto.

Na segunda sessão, com duração de 3 hora/aula, foi entregue o kit de montagem da parte eletrônica do carrinho controlado remotamente com seu manual de montagem, como podemos perceber na Figura 18.

Figura 18 - Montagem da parte eletrônica.



Fonte: O autor

Paralelamente a esta atividade os grupos que não tinham concluído a parte de revestimento da estrutura terminaram a montagem.

Na terceira sessão, com duração de 2 horas/aula, os grupos de trabalho terminaram de corrigir os sentidos de rotação das rodas do carrinho controlado remotamente, mudando a localização dos jumpers executada na aula anterior, visto que a programação de comando do carrinho não era possível de ser modificadas, pois a escola não existia uma sala de computação ou computadores disponíveis para tal finalidade.

O aplicativo de controle do carrinho foi repassado pelo professor aos estudantes via comunicação *bluetooth* para ser instalado nos celulares, com isso, podendo enviar os comandos de acionamento para o carrinho, sendo possível determinar seus movimentos, podendo assim realizar a etapa de determinação da força de tração de cada carrinho.

Para executar esta atividade de mensuração da força de tração do carrinho controlado remotamente foram realizados o acionamento do carrinho, sendo que este estava preso a um fio a uma balança e está estava presa a uma estrutura, conforme a mostra a Figura 19.

Figura 19 - Realização da medição da força tração



Fonte: O autor

Os valores marcados no display da balança eram registrados em uma tabela, a determinação de um valor para a força de tração do carrinho, foi calculada utilizando uma média aritmética simples de todos os valores encontrados nos momentos de acionamento e tracionamento do carrinho.

Na quarta sessão, com duração de 3 horas/aula, os grupos de trabalhos foram apresentados ao funcionamento do aparato com roldanas, como seria realizado a trocas de massa e como proceder de forma a realizar as medições necessárias para o desenvolvimento das atividades subsequentes que terias que realizar.

A proposta de trabalho seria verificar se os carrinhos conseguiam rebocar os valores encontrados na atividade anterior com a utilização de polia fixa, sendo que a variáveis a ser modificada pelos grupos eram os quatros pesos disponíveis, estes pesos feitos de garrafas pet de tamanho pequeno preenchidas com areia, variando de 100 g, 200 g, 300 g e 400 g cada, com um gancho fixo em sua tampa para facilitar a fixação no olhal do cabo de içamento do aparato com roldanas, podendo também haver uma associação entres os pesos disponíveis para a obtenção de valores maiores.

Buscando trabalhar o conceito de polia fixa, cada grupo acoplava no furo do reboque do carrinho controlado remotamente a ponta do cabo da içamento e na outra extremidade que estava o olhal uma ou mais massas, acionado o carrinho, buscando encontrar o limite de reboque, quando este limite era atingido os grupos registravam os valorem obtidos e liberavam o aparato para ser usado por outros grupos.

Na quinta sessão, com duração de 2 horas/aula, o conceito planejado para ser abordado neste encontro seria de polia móvel, onde os grupos de trabalho acrescentariam na montagem realizada na aula anterior uma polia móvel, buscando confrontar se com isso seria possível um tracionamento maior de peso com seus carrinhos.

Estas massas eram fixadas diretamente na polia móvel, que dispunha de um gancho onde seria adicionada os pesos para serem içados, como podemos perceber na Figura 20, com isso, grupos de trabalho perceberam que os seus carrinhos controlados remotamente conseguiram içar pesos maiores que tivera conseguido anteriormente com esta nova configuração do aparato com polias.

Figura 20 - Aparato com polia fixa e móvel.



Fonte: O autor

Na sessão final, com duração de 3 horas/aula a atividade dos grupos foi dividido em duas etapas de obtenção de dados e acrescentado uma nova possibilidade de massa com 800 g.

A primeira etapa consistia em acrescentar ao sistema montado na aula anterior mais uma polia móvel, assim ficando com duas polias móveis e uma fixa, com os pesos sendo acoplado nesta polia adicionada ao sistema e verificar o valor máximo no tracionamento que conseguiriam alcançar.

No segundo momento desta atividade seria acrescentada uma nova polia móvel ao sistema anterior e todo o peso seria agora transferido para esta nova polia móvel e novamente buscava-se alcançar o valor máximo de tracionamento possível conseguido pelo carrinho.

6.3. OS ROTEIROS DE ATIVIDADE PROPOSTAS

Para a realização desta proposta de pesquisa, foram concebidos roteiros de atividades pré-estabelecidos, conceitos iniciais a serem trabalhados em cada uma das quatro atividades propostas com a elaboração de atividades práticas baseadas nos conteúdos previstos no currículo escolar do ensino médio das escolas do estado de Santa Catarina para esta etapa de ensino.

Estes roteiros nortearam as atividades que foram desenvolvidas em sala de aula de cada etapa de aplicação do projeto. Os questionamentos neles contidos devem ser respondidos com os dados e observações dos experimentos, com base nas consultas bibliográficas realizadas pelos grupos de trabalho em seu livro texto ou em pesquisas realizadas na internet.

As quatro atividades propostas abordaram os seguintes conteúdos:

Atividade 1 – Força de tração, Apêndice K - Modelo de relatório força de tração.

Atividade 2 – Polia fixa, Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa.

Atividade 3 – Polias móveis, Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis.

Atividade 4 – Associação de polias, Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis.

No início de cada uma das quatro etapas práticas de aplicação do projeto, o professor explica como proceder a montagem na estrutura de polias para toda a toda a turma e posteriormente cada equipe realiza sua atividade descrita no roteiro, utilizando sempre o mesmo carrinho controlado remotamente previamente montado para este fim em aulas anteriores e preservados para a realização das atividades.

6.3.1. Montagem e execução da atividade 1 – Força de tração

A primeira atividade proposta foi determinação da força de tração dos carrinhos que cada grupo montou nas etapas anteriores.

A ideia de força utilizada pelos grupos de trabalho, está extremamente ligado as suas experiências diárias. Sempre que puxamos ou empurramos um objeto dizemos que estamos exercendo uma força sobre este objeto.

Vários destes puxões, empurrões é costumeiramente dizer que utilizamos a expressão que usamos muita força ou pouca força. Mas qual a intensidade de força que realmente é aplicada nesta ação?

Em nosso cotidiano, se referimos a força utilizando uma unidade que é 1 quilograma-força que se representa pelo símbolo 1 kgf.

Sendo que esta unidade nada mais é que o peso de um objeto, que podemos definir como sendo 1 quilograma-força (1kgf) é a força com que a Terra atrai o quilograma-padrão ao nível do mar e a 45° de latitude.

Embora esta referenciação seja bastante usual em nosso cotidiano, o seu emprego em termos físicos não está correto, o kgf não é a unidade de força no Sistema Internacional de Unidades.

A unidade de força no Sistema Internacional de medidas é denominada 1 newton = 1 N, em homenagem a Isaac Newton.

A relação existente entre essas duas unidades é expressa matematicamente da seguinte forma:

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

Podendo encontrar em alguns livros didáticos, arredondado da seguinte forma:

$$1 \text{ kgf} = 10 \text{ N}$$

Assim facilmente determinar que, a força de $1 \text{ N} = 0,1 \text{ kgf}$ é praticamente igual à força que a Terra exerce sobre um pacote de 100 g , sendo que, o aparelho utilizado para medir força é denominado dinamômetro.

Os grupos de trabalho tinham que nesta primeira montagem determinar a força de tração que seus carrinhos controlados remotamente exerciam sobre uma balança ancorada a uma estrutura fixa, ligadas por um fio.

Para isso, os grupos de trabalho fizeram a ancoragem em locais distintos. Alguns dos grupos escolheram um local de ancoragem muito leve, sendo que o carrinho controlado remotamente conseguia arrastar o mesmo, impossibilitando a aferição da força de tração exercida.

Com a mudança para um local adequado os grupos de trabalho fizeram cinco medições para determinar a força de tração, executando uma média aritmética simples dos valores encontrados em suas medições conforme podemos observar na Tabela 2. Os grupos formados foram denominados de G1 até G5, para preservar as identidades dos participantes desta pesquisa.

Tabela 2 - Força de tração média do carrinho de cada grupo em kgf.

Força de tração	
G1	0,190 kgf
G2	0,255 kgf
G3	0,165 kgf
G4	0,187 kgf
G5	0,358 kgf

Fonte: O autor

Durante a realização desta atividade os grupos conversavam entre os seus componentes para comparar os valores obtidos, buscando entender os motivos que levavam os resultados encontrados serem diferentes.

Durante a execução das atividades, os grupos de trabalho registraram os dados do processo de montagem, sendo direcionado para as perguntas norteadoras que constam no relatório Apêndice K - Modelo de relatório força de tração- este foi disponibilizado no início da aula para tal finalidade. Sendo assim, os alunos puderam desenvolver seus projetos e de forma dinâmica observar as etapas dos processos desenvolvidos.

As respostas a cada questionamento realizado no relatório das atividades foram transcritas a seguir.

a) O carrinho controlado remotamente conseguiu mover a estrutura onde foi ancorado? Por quê?

G1 - Não, por causa do atrito, pois o carrinho ficou patinando.

G2 - Não conseguiu porque o carrinho não tem força o bastante para mover a estrutura.

G3 – Não, pois a estrutura era mais pesada do que a capacidade de tração do carrinho.

G4 – Não, porque a estrutura em que o carrinho foi ancorado é muito mais pesada que o carrinho.

O carrinho não tem força o suficiente para mover a estrutura.

G5 – Não, porque a estrutura é mais pesada que o carrinho.

Com este questionamento queríamos levantar a possibilidade de que o carrinho conseguisse ou não movimentar o local onde estava ancorado. Os grupos de trabalho não relataram em suas respostas, o momento em que escolheram um local da estrutura de ancoragem que foi possível que o carrinho arrastasse, buscando somente relatar o processo final no qual conseguiram realizar as medições solicitadas no roteiro proposto.

Conforme anotações realizadas no diário de bordo e as observações dos trabalhos dos grupos, algumas hipóteses foram levantadas para que o carrinho não conseguisse tracionar a estrutura onde o carrinho estava ancorado. Estas hipóteses levantadas abordavam os conceitos como: atrito das rodas com o piso, força e a capacidade de tração dos motores quem usado para movimentar o carrinho, por achar que o carrinho ser muito leve influenciaria nesta tentativa de movimentação, não tiveram abordagem conceitual nesta montagem. Fazem, sim, parte do repertório de conceitos físicos de suas elaborações mentais realizadas em outros momentos.

Buscamos com a implementação desta etapa, fazer que os grupos de trabalho conseguissem verificar e quantificar a relação de tração do carrinho controlado remotamente.

Com o término do levantamento das medidas realizadas por cada grupo, os mesmos começaram a comparar entre eles os resultados e se questionarem os motivos pelos os quais os valores encontrados não foram iguais fizeram com que os grupos formassem explicações diversas, que passavam pelo peso do carrinho até pela carga da baterias ao modo de como as rodas estavam fixadas na estrutura, estes motivos foram suas explicações para as diferenças aos valores encontrados.

Os valores encontrados por cada grupo nesta metrificação foram apresentados, anteriormente, na tabela 1, fizeram que cada grupo de trabalho percebessem que sua montagem de seu carrinho controlado remotamente, mesmo seguindo os mesmos procedimentos e utilizando as mesmas peças, se tornaria único, fazendo que seu trabalho seja diferente de outros grupos da sala.

Neste segundo questionamento, gostaríamos de fazer que os grupos de trabalho refletirem sobre a possibilidade de rompimento do fio por fadiga, por peso ou força exercida sobre ele, buscando entender como, o que, e como eles pensavam sobre este possível problema.

b) O fio que estava conectando o carrinho controlado remotamente à estrutura pode vir a se romper? O que poderia ter acontecido? Explique:

G1 – O carrinho poderia ter tomado mais distância e, com o impacto, romper o fio.

G2 – Sim, se o carrinho conseguir uma propulsão forte o suficiente para não mover o objeto, e sim forçar a corda para que puxe a estrutura de uma forma que vai exceder a resistência máxima da corda, sim, vai romper.

G3 – Não, pois não havia força suficiente para tal.

G4 – Não, a não ser se o carrinho tivesse muito mais força e com o impulso dado para arrancar o carrinho, a corda rompesse.

G5 – Sim, o carrinho teria uma velocidade alta e sairia disparadamente, provavelmente bateria em algo danificando o carrinho.

Observando as respostas propostas pelos grupos, ficou evidente que para alguns seria possível romper o fio que estava unindo o carrinho controlado remotamente à estrutura, bastando para isso aumentar a velocidade e a distância entre eles.

Quando buscamos construir esta proposta de trabalho, o material que foi utilizado suportaria com folga toda a totalidade das massas a serem içadas e a força de tração que o carrinho conseguiria exercer sobre o fio, não sendo possível de serem rompidas desta maneira, por isso a opção pela construção do em MDF do chassi do carrinho controlado remotamente.

Alguns grupos de trabalho imaginaram que o aumento de velocidade ou de distância poderia fazer com que o carrinho controlado remotamente conseguisse romper o cabo de tração. No momento de montagem deste questionamento imaginávamos que poderiam sugerir a troca do cabo de tração por um mais fino com menor resistência de tração, que não acabou acontecendo.

Em uma futura aplicação, seria interessante disponibilizar vários cabos de ancoragem com diversos diâmetros e diferentes materiais para que os grupos de trabalho além de determinar a força de tração, escolhessem os cabos que iriam utilizar para realizar as montagens.

Nos questionamentos realizados a seguir tivemos a intenção de buscar atrelar as respostas da próxima etapa desta pesquisa, em que seria realizado o içamento de massa com diferentes valores.

Neste momento, os grupos de trabalho não sabiam ainda o que aconteceria no próximo encontro.

Estes pensamentos, ao serem analisados individualmente, deixam pistas de seu comportamento frente ao experimento e nas etapas posteriores pôde ser observado que buscaram implementar uma melhorara na performance conseguida nesta etapa.

c) Qual seria o peso máximo que o carrinho controlado remotamente poderia rebocar?

Explique:

G1 – 190 gramas dependendo do lugar, pois um pode ser mais áspero e o outro não.

Nesta resposta o grupo sugere que alterando o coeficiente de atrito do carrinho controlado remotamente, poderia influenciar na capacidade de tração do mesmo. Esta modificação não foi realizada nesta etapa.

G2 – O peso máximo é 300 g.

Este outro grupo de trabalho, colocou um valor pouco superior a sua média obtida no experimento. Este valor, provavelmente, foi o maior valor encontrado pelo grupo de trabalho em suas cinco tentativas. Ficando natural pensar que seria este o maior valor que o carrinho de sua montagem conseguiria rebocar.

G3 – Um peso inferior a ele mesmo.

Este grupo limitou-se a condicionar a relação entre o peso do carrinho, que é desconhecido por todos do grupo e a sua força de tração. Não fazendo nenhuma referência a atividade desenvolvida e as medições realizadas para determinar a sua força de tração.

G4 – Outro carrinho, pois ele não tem força suficiente para carregar algo de maior peso que o próprio.

Neste grupo, fizeram a relação implícita que o carrinho somente conseguiria tracionar o limite de peso igual ao do seu carrinho controlado remotamente, quando fazem referência a outro carrinho, limitando a este condicionante a força de tração, deixando de lado as medições realizadas e não levantando nenhuma outra possibilidade e melhoria a ser realizada.

G5 - Seria, 3,58. Porque somando todas as velocidades que o carrinho foi para frente, resultou neste número. E caso o resultado fosse maior, o carrinho não conseguiria ter força para puxar e se deslocar.

O grupo anterior fez referência à média encontrada no tracionamento do seu carrinho controlado remotamente, mesmo não seguindo o rigor matemático necessário para a realização da atividade e a grandeza física não estando representada de modo adequado. Ainda assim é possível perceber a ligação do valor numérico apresentado, pelo acompanhamento da atividade realizada pelo grupo de trabalho com a atividade proposta. Mas fica evidente que o grupo limitou a sua resposta o valor máximo de tracionamento do carrinho controlado remotamente a sua média encontrada.

Os grupos de trabalho não mencionaram em nenhum momento a possibilidade da utilização de nenhum artefato, objeto ou dispositivos que possibilitassem ou melhorassem a performance de seus carrinhos na movimentação de pesos maiores que obtiveram com as suas médias na força de tração.

Nesta próxima pergunta buscávamos observar se os componentes dos grupos de trabalho já teriam observado a aplicação do uso da força de tração no cotidiano. Estes relatos são de tal forma muito abertos, pois não sabemos quais são suas experiências de vida fora do ambiente escolar, ficando assim um recorte de observação restrito a suas descrições de suas explanações apresentadas aqui escritas.

d) Existe (m) alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique:

G1 – Quando um carro é rebocado por outro.

G2 – Não reconheço nada no meu cotidiano que possa utilizar.

G3 – Estender roupa no varal, força troca entre a roupa e através do fio do varal.

G4 – Empurrar o sofá para mudar de lugar, arrastar a cadeira para botar lugar, empurrar o carro...

G5 – No elevador, quando as cordas e os peso vão para baixo, para assim o elevador, poder se locomover para cima. Na escada rolante porque nela também existe um limite de peso.

Quatro grupos limitaram-se a relacionar a atividade realizada com alguma outra atividade do cotidiano deles. Somente o G5 deixou uma pista de que já poderia ter visto polias em ação em suas referências.

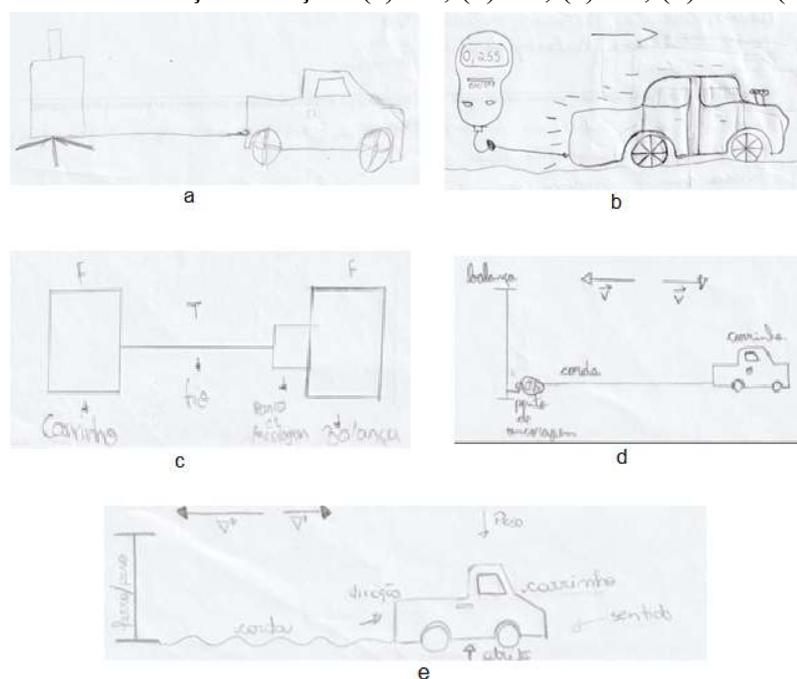
Como o questionamento não alcançou de maneira satisfatória o grau de aprofundamento e a intencionalidade que se propôs, estou sugerindo uma modificação na versão final do manual, modificando a forma de realização desta pergunta para as próximas aplicações, substituindo a pergunta anterior por esta nova versão:

Você consegue identificar alguma dessas atividades no seu cotidiano? Se sim, qual? Explique.

Neste último questionamento desta atividade, foi solicitada a representação, por desenho, das forças atuantes na atividade realizada na Figura 21. Pelos conteúdos normativos, descritos como obrigatórios a serem apresentados em física a este nível de ensino a representação de vetores é anterior a este conteúdo. Imaginava-se que os desenhos, apresentariam estes vetores mesmo que não estivessem presentes em seus relatos anteriores.

e) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem

Figura 21 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de força de tração: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.



Fonte: O autor

Nos grupos G1 e G3 não foi possível notar a presença de nenhum vetor em suas representações. Nos outros grupos de alguma forma foram representados os vetores que interagem na realização do experimento, mesmo que alguns deles estejam representados de forma equivocada, a tentativa de representação é válida e pode ser explorada em uma abordagem conceitual futura.

6.3.2. Montagem e execução da atividade 2 - Polias fixas

No segundo encontro, os grupos de trabalho estavam ansiosos para saber o que fariam com o carrinho controlado remotamente.

Os grupos foram dispostos nas bancadas do laboratório de ciências da escola e apresentados à nova peça destas pesquisas: o aparato de polias e seu funcionamento. Foi repassada uma breve explanação para todos os grupos, receberam seus roteiros da aula e fizeram os testes para ver se seus carrinhos estavam funcionando perfeitamente - vale destacar que o carrinho não foi desmontado durante toda a execução das atividades e que os grupos sempre trabalhavam com a sua montagem.

Nesta etapa, os grupos tinham que içar o maior valor possível de massa que o carrinho conseguisse tracionar com o uso do aparato de polias utilizando a configuração de polias fixas.

Os valores obtidos por cada grupo estão relacionados na Tabela 3. Podemos perceber uma discrepância entre os valores encontrados por alguns grupos e o conceito físico envolvido, pois deveriam encontrar valores próximos da força de tração calculada na aula anterior.

Os grupos G1, G3, G4 conseguiram valores superiores aos encontrados na primeira atividade e os grupos G2 e G5 valores menores. Esta variação pode ter ocorrido por alguns fatores, tais como, a mudança do piso onde foi realizado a medição, as cargas das baterias utilizadas, o atrito da polia entre outros fatores.

É importante ressaltar que os grupos perceberam que mesmo apresentando diferença entre os valores, existe uma limitação de içamento por parte do carrinho controlado remotamente e esta foi diferente entre os grupos.

Tabela 3 - Força de tração com polias fixas em kgf.

	Força de tração	Polia fixa
G1	0,190 kgf	0,300 kgf
G2	0,255 kgf	0,300 kgf
G3	0,165 kgf	0,200 kgf
G4	0,187 kgf	0,200 kgf
G5	0,358 kgf	0,300 kgf

Fonte: O autor

Os questionamentos propostos, para serem respondidos durante a realização desta etapa da atividade, buscam estimular uma reflexão sobre os conceitos físicos e evidenciar uma forma que os alunos busquem uma elaboração conceitual durante a realização da atividade.

Esta elaboração conceitual será incentivada a ser externada de forma escrita nas respostas do roteiro de pesquisa.

As respostas apresentadas por os grupos de trabalhos foram transcritas abaixo.

a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por quê?

G1 – Não, pois ele estava sem tração, mas depois colocamos um peso em cima do carrinho e ele conseguiu puxar 300 gramas, pois com o peso em cima o carrinho possui mais força de atrito, fazendo com que o carrinho pudesse levantar mais peso.

G2 – Sim, mas para levantar um peso maior que a força do carrinho (270 gramas), foi preciso de uma ajuda com o atrito (Colocamos mais peso no carrinho).

G3 – Não, ele levantou primeiro 100 g e depois 200 g. Não levantou todos os outros, pois nossa força média é 165 g.

G4 – Não, ele conseguiu levantar apenas o de 100 g e o de 200 g, porque os pesos de 300 g e 400 g são maiores que o peso do carrinho.

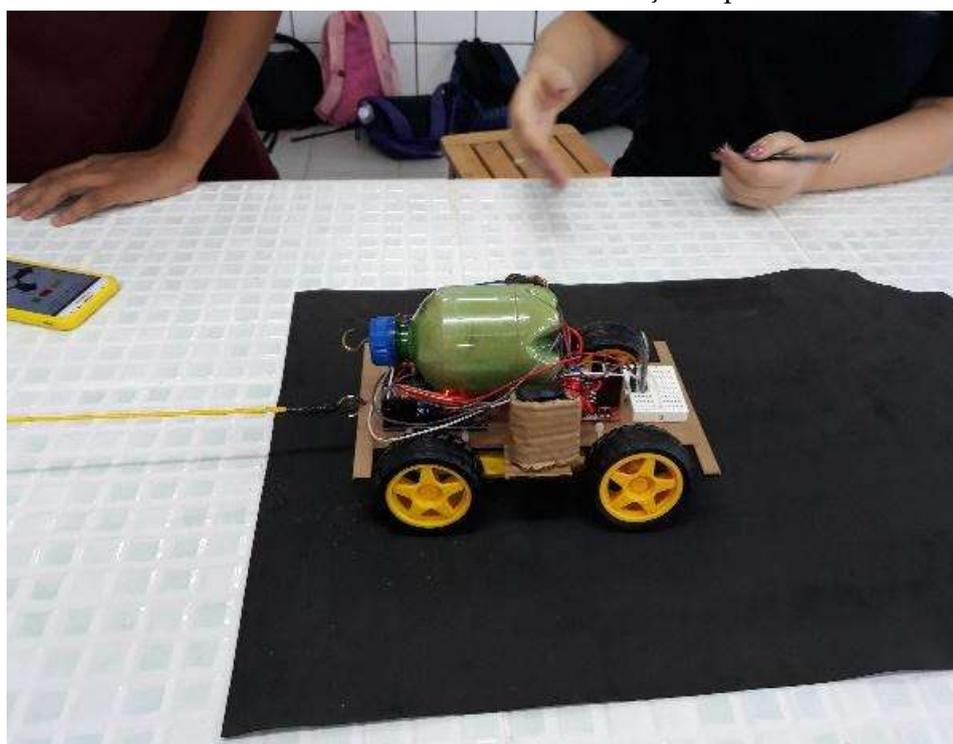
G5 – Não, porque na atividade anterior vimos que o carrinho só suporta levantar 358g, assim ele conseguiu somente os três primeiros pesos de 100 g, 200 g e 300 g.

Era de se esperar que os grupos de trabalho não conseguissem içar todos os pesos à disposição, pois com relação à força de tração encontrada na etapa anterior, esperava-se, no máximo, conseguir alcançar a marca de 300 g, pois não foi dimensionado o atrito das duas polias que compõem o sistema e nem a massa do fio de tração que seria utilizado.

Os grupos perceberam que o carrinho apresentava uma limitação na capacidade de içamento dos pesos que estavam à disposição para a atividade, buscaram uma maneira de melhorar a performance de seus carrinhos, utilizando o artifício da tentativa e erro, sem aplicar critérios de quantificação.

Este artifício foi a inserção da mudança da massa do carrinho controlado remotamente com a utilização de pesos extras sobre a estrutura disposta sobre o carrinho e mudando o coeficiente de atrito do piso em que se deslocava para tracionar o peso que deveria ser içado, como podemos observar na Figura 22.

Figura 22 - Carrinho com massa extra e com a mudança do piso de tracionamento.



Fonte: O autor

Esta modificação levou a um pensamento equivocado de alguns grupos que a capacidade de tração do carrinho controlado remotamente estava diretamente associada ao peso do carrinho. Na realidade, a adição deste peso extra muda a área de contato da roda do carrinho com a superfície.

O grupo G5 foi o único grupo de trabalho que explicou a ligação entre esta atividade e a anterior, fazendo relação com a capacidade de torque a utilização da polia fixa.

No próximo questionamento realizado, buscávamos fazer com que os grupos de trabalho refletissem sobre maneiras de melhorar a performance conseguida nesta etapa da montagem.

b) Existe alguma forma do carrinho controlado remotamente conseguir levantar pesos maiores que estes utilizados? Explique.

G1 – Existe, porém o carrinho teria que ter mais força de atrito, e ser mais pesado.

G2 – Sim. Achando alguma forma de o carrinho conseguir maior força de atrito.

G3 – Pegando impulso, mas nesse caso com o tempo o carrinho perdeu força, aumentamos o peso do carrinho e ele conseguiu puxar, pois a força média aumentou.

G4 – Se a força do carrinho e o peso fossem maiores, sim, e igual de polias.

G5 – Não, como explicado na pergunta acima, ele suporta somente levantar 300 g.

Os grupos de trabalho referiram-se às mudanças acima citadas para melhorar a performance obtida com seus carrinhos, não fizeram nenhuma referência à utilização de polias móveis como forma de obter melhores resultados.

Neste outro questionamento, buscamos entender qual a percepção que os grupos de trabalho tiveram sobre a utilização de polias fixas para o uso de tracionamento de pesos.

c) Qual a função da polia fixa para o movimento de massa? Explique.

G1 – Tornar mais cômodo o trabalho de puxar um peso, facilitando assim quem ou o que está puxando.

G2 – A polia fixa é melhor para calcular uma força de algo, porque a polia não se move, se não houver força.

G3 – E mudar a direção e o sentido da força que puxamos.

G4 – Modificar apenas o sentido e a direção da força motora ou equilibrar o peso.

G5 – Ela modifica apenas o sentido e a direção de força motora que equilibra o peso. Desta forma, são utilizados para tornar mais cômodo o trabalho de puxar a massa para o carinho

Quase a totalidade dos grupos de trabalho perceberam a função da polia fixa na mudança de direção e sentido da força aplicada para a movimentação da massa, somente o grupo G2 não deixou claro em sua resposta a sua percepção quanto a esta funcionalidade da polia fixa.

d) Qual a relação entre os deslocamentos do carrinho controlado remotamente e a massa a ser içada?

G1 – O carrinho pode ser mais pesado ou mais do que peso içado.

G2 – A relação é a força exercida pelo carrinho que puxa a corda, que gira nas polias passando a força nos pesos.

G3 – Com o peso de 100 g, ele conseguiu se deslocar posteriormente, conseguiu com o de 200 g, a partir do 300 g ele foi incapaz de se deslocar.

G4 – O atrito.

G5 – A relação entre eles é que a mesma medida que o carrinho anda e se locomove para frente, é a mesma massa que sobe.

Em relação a este questionamento, somente o grupo G5 percebeu que o deslocamento total realizado pelo carrinho controlado remotamente é igual o deslocamento total realizado pela massa que está sendo içada por ele.

Os demais grupos de trabalho buscaram responder este questionamento observando outros aspectos que não abordados na pergunta, conseqüentemente respondendo de forma equivocada o que estava sendo solicitado.

Este equívoco pode ter acontecido por um erro na resolução deste questionamento aconteceu de forma sistêmica pelo fato no erro de interpretação do comando da atividade e/ou pelo desconhecimento de conceitos básicos de física e/ou pelo vocabulário empregado.

e) Existe(m) alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.

G1 – Sim, construção civil, pois os pedreiros levantam baldes com cimento usando o auxílio de uma polia fixa.

G2 – Sim. Guincho que vai puxar ou rebocar um carro, ou uma empresa quando usa guindaste para mover algo.

G3 – Quando puxamos um móvel nós aplicamos força, e os nossos braços agem como o fio, mas há um limite do que conseguimos puxar.

G4 – Aparelhos de musculação, os pesos são encontrados e temos que fazer uma força na vertical, de cima para baixo, a polia tem que estar posicionada em cima do aparelho. O guindaste, usado para levantar materiais mais pesados e em uma vela náutica, há polias para controlar as velas em embarcações.

G5 – Ao fechar ou abrir de persianas em que temos que realizar o mesmo movimento da polia fixa e no elevador, no qual o peso vai para baixo, para assim o elevador ir para cima.

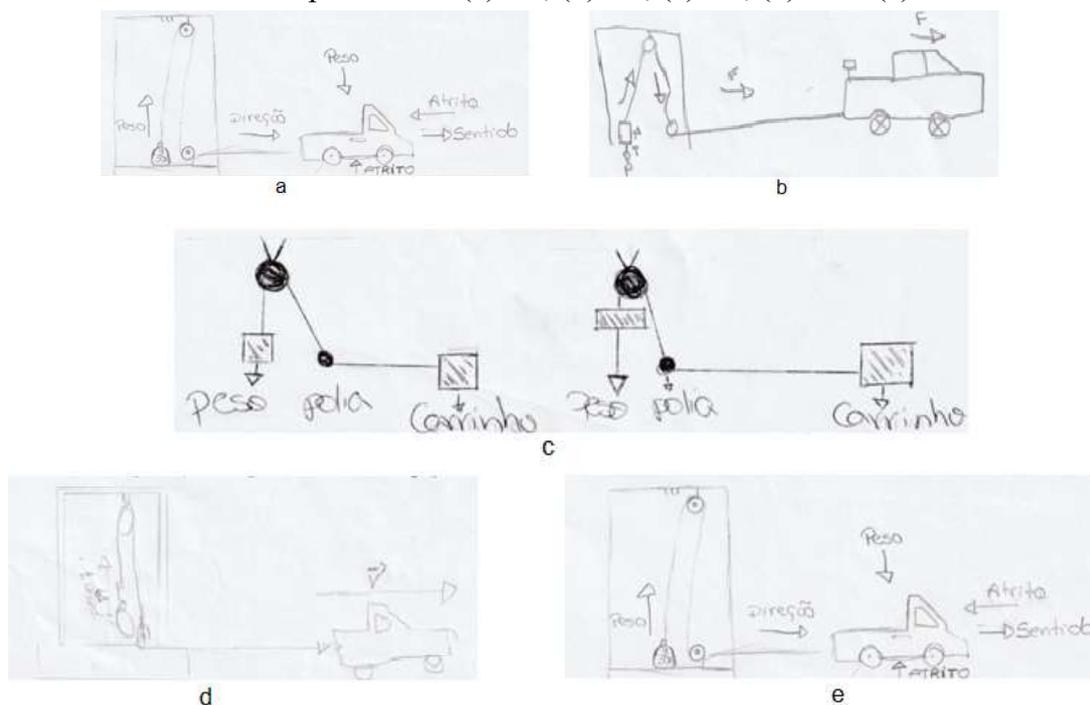
Nas respostas apresentadas anteriormente pelos grupos de trabalhos, podemos perceber que quase que a totalidade dos grupos conseguiram associar a atividade realizada com alguma atividade realizada foram do ambiente escolar. Fazendo com isso uma conexão entre o que está sendo estudado em sala de aula com o mundo real.

A resposta apresentada no G3 foi a indica que não apresenta elemento que podemos relacionar com o uso de polias fixas, sendo está totalmente fora de contexto neste momento do trabalho.

Neste último questionamento desta atividade, foi solicitada a representação, por desenho, das forças atuantes na atividade realizada na Figura 23. Pelos conteúdos normativos, descritos como obrigatórios a serem apresentados em física a este nível de ensino a representação de vetores é anterior a este conteúdo. Imaginava-se que os desenhos, apresentariam estes vetores mesmo que não estivessem presentes em seus relatos anteriores.

f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Figura 23 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de polia fixas: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.



Fonte: O autor

Os grupos de trabalho tentaram fazer as representações de vetores presentes na montagem dos sistemas de polias fixas da atividade que realizaram, no entanto muitas vezes os colocam de forma equivocadas e em locais inapropriados.

Podemos observar a tentativa de colocação dos vetores nos desenhos dos grupos G1(a), G2(b) e G5(e) e a presença de alguns vetores colocados pelo grupo G4(d) e a inexistência de vetores pelo grupo G3(c).

Mesmo equivocada, a tentativa de representação dos vetores por parte dos grupos de trabalho é válida. Entretanto, o tópico deve ser retomando posteriormente, mesmo sendo um conteúdo programático anterior ao abordado nesta montagem.

6.3.3. Montagem e execução da atividade 3 - Polias móveis

Neste terceiro encontro, os grupos de trabalho já estavam mais familiarizados com o andamento das etapas do projeto e muitos dos alunos já haviam questionado o que iriam fazer nesta etapa.

Na busca de resolver a atividade proposta, os grupos, estando mais familiarizados, pegaram os materiais e se acomodaram nas bancadas do laboratório de ciências para testar seus carrinhos controlados remotamente e esperaram receber as orientações dos procedimentos que seriam adotados nesta nova etapa.

As orientações de como proceder foram feitas de forma oral a todos os grupos simultaneamente, apresentando como deveriam adicionar uma nova polia – desta vez móvel – ao aparato de polias e buscarem rebocar o maior peso possível com seus carrinhos. Para isso poderiam combinar no ato do içamento mais de uma massa para ser suspensa de uma única vez.

Esta nova combinação rendeu outros valores de pesos, maiores que normalmente os grupos de trabalho vinham utilizando. Os valores poderiam variar, agora, de 100 g, o mínimo, até a combinação de todos os pesos juntos, perfazendo o total de 1000g.

Os valores obtidos através das medições realizadas pelos grupos de trabalho e registradas nos roteiros de atividades disponível nos Apêndice K - Modelo de relatório força de tração, Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa e Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis, que tiveram recebido previamente estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Força de tração obtidos com polias móveis em kgf.

	Força de tração	Polia fixa	Polias móveis
G1	0,190 kgf	0,300 kgf	0,400 kgf
G2	0,255 kgf	0,300 kgf	0,600 kgf
G3	0,165 kgf	0,200 kgf	0,400 kgf
G4	0,187 kgf	0,200 kgf	0,300 kgf
G5	0,358 kgf	0,300 kgf	0,600 kgf

Fonte: O autor

Grande parte dos grupos de trabalho obtiveram os valores iguais aos encontrados quando utilizamos as fórmulas matemáticas pertinentes a este assunto nos livros de referências que consultamos, bem como no livro didático adotado como ferramenta de estudo.

Os roteiros de atividades tinham alguns questionamentos propostos para serem respondidos durante a execução, estes questionamentos visam fazer com que os grupos de trabalho possam realizar uma reflexão sobre os conceitos físicos envolvidos na execução e presentes na atividade para servirem de base para a elaboração das respostas.

Com base nestas respostas, buscamos evidências que proponham subsídio para a internalização dos conceitos sobre o assunto e que sejam externadas de forma escrita nas respostas.

A transcrição das respostas apresentadas pelos grupos de trabalho é apresentada a seguir

a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por quê?

G1 – Sim, por causa de polias móveis.

G2 – Não, pois o carrinho não conseguiu força de tração suficiente para puxar o último peso.

G3 – Não, pois não teve tração suficiente a partir de 300 g, porem quando colocamos peso em cima, ele foi capaz de levantar até 600 g.

G4 – Sim, mas tivemos que modificar a superfície em que o carrinho andou para dar mais atrito.

G5 – Não, de acordo com a atividade de ontem sobre a polia fixa, o carrinho pode levantar até 358 g, mas hoje com a ajuda da polia móvel onde foi dividida o peso o carrinho conseguiu levantar até 600 g.

Através das respostas dos grupos acima, os alunos perceberam que, com a utilização de polias móveis, poderiam movimentar pesos maiores que na etapa anterior, porém não conseguiram ainda alcançar todas as configurações possíveis de pesos utilizando somente uma polia móvel.

No questionamento seguinte, buscamos um olhar entre as duas polias fixas da estrutura e qual sua finalidade neste processo.

b) Qual a finalidade das polias presas na parte inferior e superior da estrutura? Explique.

G1 – Facilitar na hora de levantar peso.

G2 – Só para mudar a direção da força.

G3 – Para levantar um peso e a outra para dividir o peso.

G4 – Dividir o peso entre eles.

G5 – A polia fixa, tem a finalidade de direção e sentido. E a móvel tem como finalidade dividir o peso.

Os grupos responderam o questionamento e compararam os dois tipos de polias que compunham esta configuração na estrutura. As respostas sugerem que os grupos de trabalho conseguiram diferenciar a funcionalidade na prática do uso de polias, seja ela fixa ou móvel.

Nesta nova pergunta, buscávamos entender a percepção dos grupos quanto a função da polia móvel para estas montagens.

c) Qual a função da polia móvel para o movimento de massa? Explique:

G1 – Ela tem a função de levantar peso mais facilmente, porque distribuiu o peso e facilitou o carrinho levantar o peso.

G2 – Divide a força entre as polias.

G3 – A roldana tem seu eixo preso em algum ponto apoio, portanto, apresenta apenas movimento de rotação, não sendo possível o movimento de translação. Eles modificaram apenas o sentido e a direção da força motora que equilibra o peso.

G4 – Ela diminuiu pela metade a força necessária para levantar um objeto. Quanto maior for o número de polias móveis, menor será a força aplicada sob o sistema para mudar a posição vertical do objeto.

G5 – A função é diminuir o peso, fazendo então o objeto ficar mais leve, e no nosso caso o carrinho conseguiu levantar mais peso.

Alguns grupos de trabalho perceberam que a utilização das polias aumentou a eficiência de reboque do carrinho controlado remotamente, mensurando que com elas foi necessária metade da força empregada antes para o içamento do mesmo objeto.

De maneira geral os grupos de trabalhos fizeram projeções de que se aumentassem o número de polias, a força necessária para a movimentação das massas seria menor.

É interessante destacar neste momento que nas intervenções realizadas pelo professor em sala de aula foi apresentar a parte teórica sobre o assunto, estas constatações vieram das pesquisas realizadas e pela observação das atividades propostas.

Retomamos este questionamento sobre a diferenciação entre os tipos de polias empregadas, para assegurar que não ficaram dúvidas.

d) Qual a diferença entre usar a polia fixa e a polia móvel? Explique.

G1 – pois com as polias fixas o carrinho puxa um determinado peso. E com as polias móveis ele puxa mais do que a com as polias fixas faz com o que seja dividido

G2 – Fixa - Só muda a direção. Móvel - Móvel – permitiu puxar o dobro da força do carrinho

G3 – Fixa – Apenas modifica a direção e o sentido. Móvel – Ajuda a reduzir a força necessária para puxar um objeto.

G4 – A polia fixa altera a direção e o sentido da força e a polia móvel divide a força resistente entre o ponto de fixação das cordas e a força potente.

G5 – A fixa apenas interfere na direção e sentido, já a móvel ajuda na divisão do peso, fazendo então o objeto que será puxado ficar mais leve.

Podemos perceber que a diferenciação entre os tipos de polias ficou clara para os estudantes, pois os mesmos conseguiram conceitualizar cada uma delas de forma correta.

Com o intuito de instigar a curiosidade dos grupos de trabalho, foi sugerido que colocassem a balança utilizada para determinar a força de tração no local onde estava preso o cabo da polia móvel à estrutura de polias, para determinar o valor do peso que aquele cabo estava sendo tensionado.

e) Os valores registrados no visor da balança digital e a massa utilizadas como peso para ser movimentada foram iguais? Por quê? Explique:

G1 – Não porque a polia móvel (resposta incompleta).

G2 – Não porque a polia móvel divide o peso da massa utilizada.

G3 – Não pois a polia móvel dividiu o peso

G4 – Não porque a polia móvel e o peso entre elas e a polia fixa.

G5 – Não, porque com a polia móvel o peso diminui, sendo assim a balança mostra um número menor do que realmente é. E na polia fixa não muda o peso e ainda aumenta, pois também tem o peso da corda e das polias.

Com esta modificação os alunos puderam visualizar na prática as ideias anteriores que a polia móvel facilitava o tracionamento do carrinho controlado remotamente, bem como a quantificação dos valores encontrados. Esta quantificação ajudou a formulação do conceito descrito anteriormente que a polia móvel dividiu na metade o peso.

Com isso, buscamos com esta nova pergunta, fazer com que os grupos de alunos olhassem em seu cotidiano aplicações do uso de polias móveis.

f) Existe(m) alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique:

G1 – Não.

G2 – Sim, nos treinos de academia que puxamos os pesos do aparelho.

G3 – Em uma construção civil as polias utilizadas levantar os materiais em diferentes níveis.

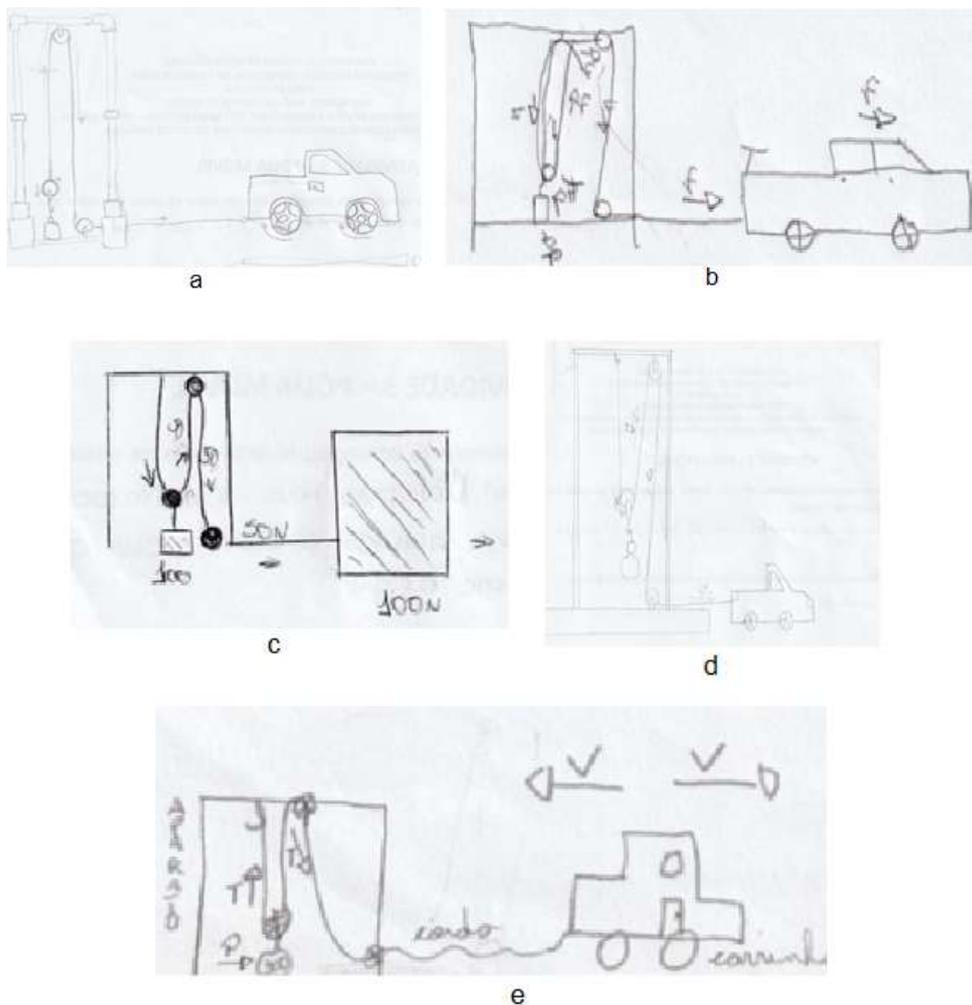
G4 – Em oficinas para erguer o motor de carro, na construção civil para colocar os materiais das obras, nos barcos para controlar as velas e etc.

G5 – Não exatamente do nosso cotidiano, porque não acontece com frequência, mas temos o exemplo de quando normalmente, a polia móvel é utilizada na ponta de um guindaste para aumentar a força do motor ao levantar uma carga.

Podemos perceber na Figura 24 que conseguiram associar o trabalho que estavam desenvolvendo com várias situações do seu dia a dia. Isso faz acreditar que a abordagem está sendo realizada de maneira satisfatória.

g) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Figura 24 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de polia móvel: (a) G1, (b) G2, (c) G3, (d) G4 e (e) G5.



Fonte: O autor

6.3.4. Montagem e execução da atividade 4 - Associação de polias

Neste quarto encontro, os grupos já estavam bastante ambientados com os processos de trabalho que estavam desenvolvendo.

Esta etapa aconteceu na sala de aula da turma, pois o laboratório de ciências estava sendo utilizado para outros fins pela direção da escola impossibilitando assim a utilização pela turma para o desenvolvimento de nosso encontro.

Os grupos de trabalho receberam seus roteiros de aula, referentes ao assunto que abordaríamos neste encontro, associação de polias, disponível no Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis.

Cada grupo de trabalho realizou sua montagem no aparato de polias, utilizando primeiramente duas polias móveis e fazendo suas anotações. Posteriormente adicionando mais uma polia aos sistemas perfazendo três polias móveis utilizadas simultaneamente no sistema.

Com o término da montagem os grupos de trabalho se preocuparam em buscar responder os questionamentos e de preencher as folhas de atividades que receberam no início da aula, formulando e debatendo em seus grupos na busca de formular as respostas aos questionamentos propostos.

Os valores encontrados em cada grupo de trabalho, apresentados na Tabela 5, foram retirados de seus roteiros de atividades.

Tabela 5 - Força de tração obtidos com sistemas de polias móveis em kgf.

	Força de tração	Polia fixa	Polias móveis	Associação de polias
G1	0,190 kgf	0,300 kgf	0,400 kgf	2 polias – 0,760 kgf
				3 polias – 1,200 kgf
G2	0,255 kgf	0,300 kgf	0,600 kgf	2 polias – 0,900 kgf
				3 polias – 1,200 kgf
G3	0,165 kgf	0,200 kgf	0,400 kgf	2 polias – 0,700 kgf
				3 polias – 0,900 kgf
G4	0,187 kgf	0,200 kgf	0,300 kgf	2 polias – 0,500 kgf
				3 polias – 0,700 kgf
G5	0,358 kgf	0,300 kgf	0,600 kgf	2 polias – 1,300 kgf
				Não realizou

Fonte: O autor

Neste primeiro questionamento, buscou-se saber qual a função da associação de polias.

a) Qual a função da associação de polias para a realização da movimentação de grandes massas? Explique.

G1 – A função de dividir o peso entre as cordas

G2 – Polias é uma estrutura funcional que conseguem dividir os pesos da massa, facilitando assim a movimentação.

G3 – Divisão de peso, facilitando a tração de objetos com maior peso.

G4 – Quando mais associações de polias, maior é o peso dividido e distribuído entre as cordas. Assim, maior e a força do carrinho.

G5 – Quanto mais polias móveis mais peso o carrinho poderia levantar. Assim a função de o peso ser dividido entre as polias e as cordas.

Os grupos de trabalho deixaram claro com suas respostas que a associação de polias ajudava o carrinho controlado remotamente a tracionar um peso maior e, que para isso, o peso era distribuído de forma igual nos cabos de içamento.

Neste outro questionamento, queríamos confrontar os grupos sobre qual o limite de tracionamento que o carrinho controlado remotamente podia alcançar.

b) Existe um peso máximo que o carrinho controlado remotamente conseguiria levantar utilizando um sistema de polias móveis? Explique.

G1 – Sim, mas não se sabe qual.

G2 – Sim, 1200 kg pois roldanas dividi os pesos.

G3 – O máximo foi 900 g, pesos maiores não teve tração suficiente para levantar.

G4 – Sim, 700 g. Este sistema é 3 polias móveis e 2 polias fixas, tendo distribuição de peso e puxando o seu limite de 700 g.

G5 – De acordo com o nosso carro, conseguimos levantar com polias móveis, o máximo de 1 kg e 300 g. como a ajuda de outras polias, o peso seria dividir melhor e conseguiríamos achar outros limites que o carro poderia erguer.

Alguns grupos de trabalho se limitaram a responder o limite alcançado em suas medições, mas o grupo G5 foi além, conseguiu fazer uma generalização, deixando implícito que o peso máximo está ligado ao número de polias móveis do sistema.

Como o questionamento não alcançou de maneira satisfatória o grau de aprofundamento e a intencionalidade que se propôs, estou sugerindo uma modificação na versão final do manual, modificando a forma de realização desta pergunta para as próximas aplicações, substituindo a pergunta anterior por esta nova versão:

Utilizando o sistema de polias, é possível determinar o peso máximo que o carrinho consegue levantar o peso?

O fato curioso que este grupo, G5, foi o único grupo que não apresentou os valores para a utilização da configuração com três polias móveis, levando a acreditar que na atividade anterior, foi construída de forma significativa o conceito de polias móveis e este conceito foi replicado de forma correta desta montagem que abordava a associação de polias móveis, antes sem mesmo fazer esta etapa do trabalho.

Seguindo este pensamento, os grupos de trabalho foram instigados a elaborar um modelo mental, para sua realidade obtida até o momento, seu carrinho conseguiria tracionar um peso que não estava à disposição para serem realizados na prática.

c) Quantas polias móveis seriam necessárias para o carrinho controlado remotamente conseguir levantar um peso de massa 2 kgf? Demonstre.

G1 – 2 polias fixas e 4 polias móveis.

G2 – O necessário de polias mover uma massa de 2 kg seria seis polias, já que a cada polia adicionada conseguimos puxar mais 300 g.

G3 – Seriam necessárias 4 polias móveis e duas polias fixas, pois cada polia adicionada o peso resistente é dividido por 2.

G4 – Com duas polias fixas, e três móveis o limite do carrinho puxar foi 700. Para puxar 2 kg foi necessário: além das 2 polias fixas e três móveis colocamos mais 770 g sobre carrinho e ele conseguiu puxar 2 kg.

G5 – 4 polias móveis e 2 fixas.

Cada grupo de trabalho, dentro de sua realidade, acrescentou de uma a três polias móveis para que seu carrinho controlado remotamente conseguisse ter sucesso no tracionamento desejado. Os grupos perceberam que cada polia móvel acrescentada dobrava o valor de tracionamento de seu carrinho, assim fizeram um cálculo do içamento de peso, sem o uso de fórmulas matemáticas prontas.

Neste novo questionamento tínhamos a intenção confrontar os conceitos apresentados e trabalhados o momento, buscando assim fazer que os grupos de grupos de trabalho pensassem sobre o que vinham fazendo até o presente momento. Seria possível conseguir o mesmo tracionamento obtido com as polias móveis e com as associações de polias somente utilizando polias fixas.

d) O que seria necessário fazer para que o carrinho controlado remotamente movesse um peso de 2 kg com polias fixas? Explique.

G1 – Aumentar o peso do carrinho para que ele tenha maior atrito.

G2 – Aumentando o atrito do carrinho, pois com mais atrito, mas pelo podemos puxar.

G3 – Nos teríamos de ter que acrescentar mais polias e assim dividir o peso.

G4 – Seria necessárias mais 2 polias fixas. Porque com 2 ele puxou o limite de 200 g (polia fixa)

G5 – Teria que ter no mínimo 2 polias fixas e um peso sobre o carrinho para dar mais atrito.

Os grupos de trabalho acreditavam que aumentando o atrito do carrinho controlado remotamente conseguiriam fazer o tracionamento necessário. Este pensamento é decorrente das modificações realizadas por eles durante a montagem das interações das aulas anteriores. Nenhum grupo sugeriu algo diferente do que o aumento do atrito, deixando de lado outras mudanças que poderiam ser realizadas, como o aumento de potência dos motores, de um trabalho de união de forças dos carrinhos ou combinações desta e outras modificações que poderiam surgir.

Com esta pergunta, estamos buscando fazer com que os alunos transponham os muros do espaço escolar e busquem, em seus cotidianos, algumas relações da física estudadas em sala de aula e as atividades vivenciadas por eles.

e) Existe(m) alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.

G1 – Sim, o trem mesmo as suas rodas e o trilho sendo de ferro não patina por causa os pesos em cima dele.

G2 – Sim, fabricas que precisamos puxar algo que tenha mais peso do que podem puxar usando as roldanas para dividir o peso

G3 – Em um aparelho de academia, usamos para puxar peso. As polias na casa são utilizando para dividir os pesos em cada braço, perna e etc.

G4 – Guindaste, usando para levantar materiais mais pesados. Vela náutica, há polias para controlarem as velas da embarcação.

G5 – Na academia nos aparelhos de levantar peso, é usado as polias para dividir e diminuir o peso.

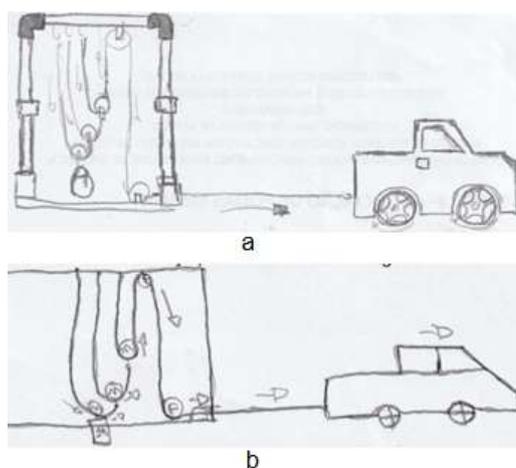
Os exemplos utilizados de seu cotidiano, muito se assemelham aos apresentados na montagem que utilizou somente uma polia móvel. Esta aproximação dos exemplos, tem como pano de fundo as mesmas estruturas de percepção realizadas pelos grupos de trabalho sobre o funcionamento das polias móveis.

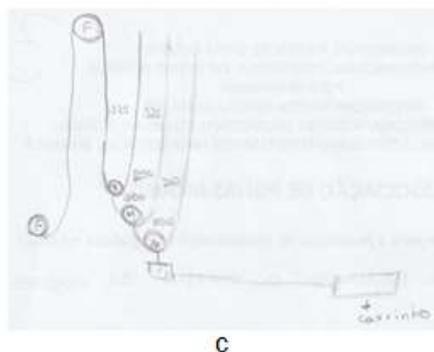
Neste último questionamento desta atividade, foi solicitada a representação, por desenho, da atividade desenvolvida anteriormente com as suas representações das forças atuantes.

Pelos conteúdos normativos a serem apresentados em física a este nível de ensino a representação de vetores é anterior a este conteúdo. Imaginava-se que os desenhos apresentariam estes vetores mesmo que não fossem solicitados explicitamente nos relatórios.

f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Figura 25 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de associação de polia móvel: (a) G1, (b) G2 e (c) G3

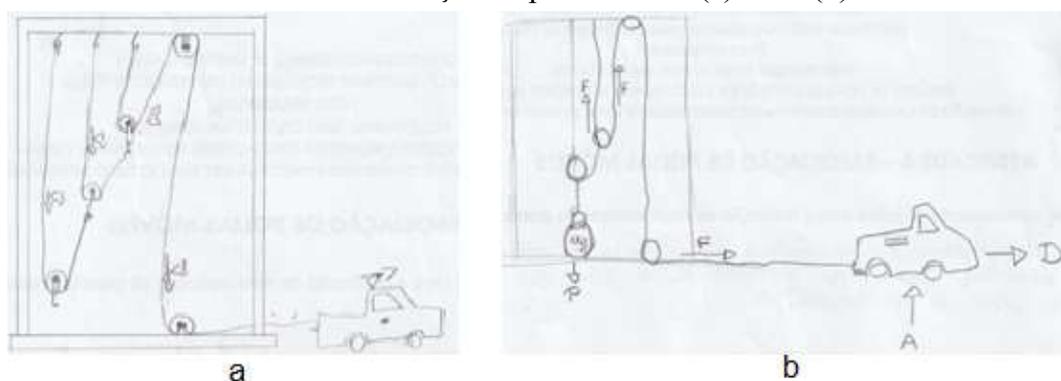




Fonte: O autor

Podemos perceber que na ilustração realizada na Figura 26 os conceitos propostos para serem trabalhados em sala de aula ficaram evidentes, em que cada cabo de içamento está associado ao peso, sendo que este está dividido pela metade quando encontra outra polia móvel. Esta representação, muitas vezes é realizada pelo professor no seu quadro, quando apresenta, em sala, estes conceitos.

Figura 26 - Ilustração realizada pelos grupos de trabalho para os vetores presentes na montagem da atividade de associação de polia móvel: (a) G4 e (b) G5.



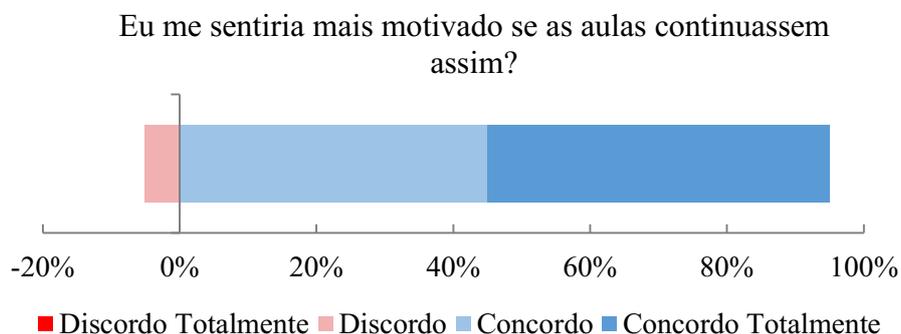
Fonte: O autor

6.4. REGISTROS DAS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS.

Na comparação das respostas obtidas na pesquisa estudantil e nas observações feitas acerca da proposta de pesquisa apresentada pelo professor pesquisador, a utilização do carrinho em sala de aula, sugere uma aprendizagem dos conceitos sobre Forças e as Leis de Newton de forma colaborativa e significativa para os alunos envolvidos na construção das atividades.

Os alunos avaliaram sua motivação e interesse pela física uniformemente em ambas as pesquisas. No entanto, 19 dos 20 alunos concordaram que se sentiriam mais motivados se as aulas continuassem com experimentos como esses. A Figura 27 mostra as proporções das opiniões dos alunos.

Figura 27- As opiniões dos alunos da metodologia utilizada.



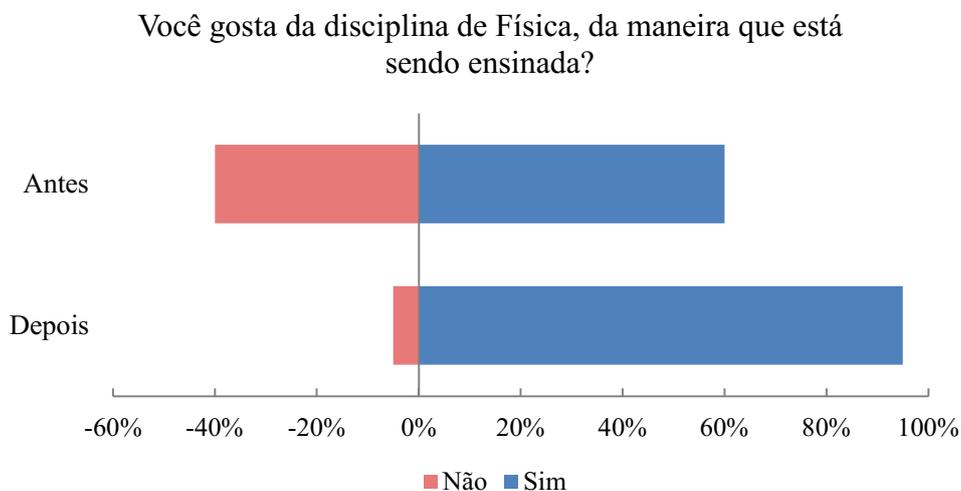
Fonte: O autor

Neste momento pode ser observada a participação voluntária dos alunos, iniciativa, espírito de equipe e de compartilhamento de informações e conhecimentos, conforme previsto na teoria de aprendizagem realizada no transcorrer da realização do trabalho conforme afirma (Agláé, 2008).

o conhecimento é construído pelas interações com outros indivíduos. As interações sociais desencadearam o desenvolvimento. Isso ocorre devido ao processo de mediação criado quando duas ou mais pessoas cooperam numa atividade (interpessoal), favorecendo a reconstrução do conhecimento (intrapessoal). (Agláé, et al, p. 2, 2008)

Os alunos, quando questionados se gostavam de estudar física da maneira como está sendo ensinada, deram as seguintes respostas: 19 deles concordaram após as sessões experimentais; o número era 11 antes. A Figura 28 mostra as proporções em ambos os itens.

Figura 28 - Opiniões dos alunos sobre aulas de física antes e depois da implementação.



Fonte: O autor

Como podemos perceber nos comentários dos estudantes, extraídos do documento aplicado depois de terminado as etapas de aplicação da pesquisa na forma online, se esta forma de abordagem realizadas teria contribuído com a modificação do olhar sobre a disciplina de física e na busca de soluções aos questionamentos realizados em sala de aula.

Os estudantes responderam alguns questionamentos de forma discursiva, podendo opinar sobre suas impressões sobre os encontros que tiveram, as atividades desenvolvidas e a forma que foi abordada o conteúdo. Como forma de preservar a identidade dos participantes da pesquisa, os seus nomes foram substituídos uma denominação de uma letra do alfabeto de forma aleatória.

A primeira pergunta buscava ter elementos para análise das aulas propostas naquele formato teriam agradado os estudantes.

O que fez você gostar das aulas ministradas desta maneira?

“As aulas de física, com o conteúdo polias e roldanas, foram muito bem elaboradas, amei sair um pouco da rotina de copiar e escrever, fazer trabalhos manuais e que ativam a criatividade é muito interessante. Tenho mais facilidade em aprender a prática do que a teoria”. Trecho transcrito do aluno denominado A.

“O fato de ter que trabalhar em equipe, foi muito legal”. Trecho transcrito do aluno denominado B.

“Mais clareza na explicação e compreensão das aulas, sendo até divertido fazer as aulas”. Trecho transcrito do aluno denominado C.

O simples fato das aulas saírem do formato tradicional que normalmente é realizado, fez que os alunos tivessem outro olhar para a disciplina, adicionado a isso o trabalho em grupo durante todo o processo, onde os estudantes tiveram a liberdade de trocar conhecimento e a construção de atividades prática, mostrasse um caminho interessante para ser trilhado no ensino de física.

Nenhumas das respostas recebidas deste grupo de estudantes apontou pontos negativos para esta forma de trabalho, mas como expressado anteriormente, é necessário validar a proposta em grupos e ambientes.

Nesta pergunta buscávamos levantar elementos e/ou hipóteses que esta forma de ensino ajudassem os estudantes na forma de compreensão dos conceitos de física abordados nos conteúdos propostos nas atividades.

Você gostaria de estudar física da forma que está sendo ministrada?

“Sou apaixonado por mecatrônica, usar a robótica para fins de estudo foi maravilhoso, pois descobri o que realmente quero estudar. As aulas são bem mais dinâmicas, nunca havia tido uma aula que eu tivesse tanta vontade de fazer. As aulas de física, muitas vezes, são chatas, somente a teoria, mas unindo

a prática com a teoria fica muito mais fácil e legal de estudar”. Trecho transcrito do questionário pós prática do aluno denominado H.

O uso de elementos novos como robótica educacional, no primeiro momento pode criar um obstáculo, por ser um mundo novo a muito dos estudantes. Saber que eles podem aprender com seus erros e estes fazem parte do seu aprendizado, não sendo somente de forma classificatória se torna muito mais prazeroso e deixa o aluno mais aberto a tentativas de buscar soluções aos problemas.

Trabalhar em equipe, unir a teoria com a prática, alicerçada a uma metodologia e uma planejamento das aulas, pode tornar as aulas de física muito mais atrativas e significativas aos estudantes, despertando neles suas vocações, como deixou claro o estudante H, quando externou que descobriu na mecatrônica a sua paixão.

Neste questionamento buscamos que os estudantes pudessem evidenciar elementos que nos ajudem a entender como os conceitos de polias/roldanas foram significativos para eles.

Qual a sua opinião sobre as aulas de física ministradas sobre polias/roldanas?

“Por nós, alunos, termos montado e participado de todos os detalhes da atividade, por podermos criar e aprender, às vezes nós errávamos, mas logo com a ajuda do professor, consertávamos o que de errado havia e pelo fato de todos os alunos terem feito parte disso e ser um trabalho em conjunto”. Trecho transcrito do questionário pós prática do aluno denominado I.

“A maneira que os fenômenos físicos funcionam na prática”. Trecho transcrito do questionário pós prática do aluno denominado N.

Notamos a importância de que o estudante de ser participativo no processo da construção do seu conhecimento, construindo, errando, refazendo, testando, formulando, mudando, sendo elemento principal da engrenagem e compartilhando com seus pares as suas observações e descobertas.

Esta forma de construção dos conceitos, que não chegou pronta e foi sendo construída ao longo do processo, fez que eles dessem muito mais significado aos conceitos trabalhados e compreendessem através da prática o funcionamento dos fenômenos físicos propostos.

Neste questionamento estávamos buscando entender se na visão dos alunos seria possível continuar a aplicar esta metodologia de ensino para as aulas de física durante e inserido com outros conteúdos a serem abordados e se esta forma ajudaria a eles se interessar nos estudos da disciplina.

Como você avaliaria se as aulas de física continuassem a ser realizadas desta maneira, sua motivação para os estudos mudaria?

“O contato manual gerou muito mais interesse, pois, mostrou que a física é muito usada no nosso cotidiano. Toda vez que for para uma academia ou passar em frente a uma construção e ver máquinas

levantando algo, vou me lembrar das aulas do Maicon”. Trecho transcrito do questionário pós prática do aluno denominado G.

“Eu consegui aprender mais do que se fossem explicadas apenas no quadro”. Trecho transcrito do questionário pós prática do aluno denominado D.

Podemos perceber que os alunos buscam fazer comparações com as aulas que tiveram antes da aplicação deste projeto, que era de se esperar, fazendo este paralelo, mostra que a grande parte dos alunos gostaram e aprovaram esta forma de trabalho proposto nesta pesquisa.

No entanto temos que apontar alguns pontos negativos levantados e apresentados, em partes das respostas dos alunos, alguns alunos reclamaram das dificuldades que tinham em fazer a parte das conexões elétricas necessária para a montagem.

Mesmo com esta dificuldade, que era esperada quando foi organizado as etapas do trabalho, todos os grupos conseguiram montar seus carrinhos controlados remotamente e fizeram todas as montagens na estrutura de polia. Acreditamos que tal desafio foi benéfico para o aprendizado deles (Warshauer, 2014).

Os registros feitos pelo professor em seu diário de bordo e os relatórios das atividades propostas, realizados pelos alunos, com suas respostas e reflexões às perguntas sobre física, sugerem que eles foram capazes de aprender os principais conceitos envolvidos nas propostas de atividade. No entanto, não é possível concluir a partir de suas respostas se os alunos obtiveram um ganho conceitual diferenciado aos que teriam com aulas tradicionais.

Conforme as notas atribuídas aos grupos de trabalhos durante a realização das atividades propostas pelo professor apresentadas na Tabela 6, podemos perceber que grande parte dos grupos de estudantes conseguiram atingir os objetivos propostos nas atividades.

Tabela 6 - Notas atribuídas aos alunos

	G1	G2	G3	G4	G5
Força de Tração	6,6	6,2	7,6	7,2	7,0
Polias fixas	7,2	7,0	7,5	6,5	8,8
Polias móveis	6,4	9,7	7,1	7,7	9,4
Associação de polias	6,0	5,5	4,8	5,7	7,2

Fonte: O autor

As notas atribuídas na Tabela 6, apesar de ser uma exigência formal de nosso sistema de ensino, de atribuir ao conhecimento do aluno um valor numérico, foram realizadas de forma reflexiva sobre a participação, reflexão, questionamentos e nas devolutivas dos estudantes, sendo estas realizadas em grupos ou em questionamentos individuais, nas diferentes formas utilizadas de coletas de dados desta pesquisa.

A avaliação realizada dos grupos de trabalho, sempre se pautaram em duas premissas fundamentais, premissas as quais foram os pilares que nortearam todo o processo de avaliação da didática das atividades descritas que sempre estiveram presentes, desde o processo de elaboração, montagem e execução desta proposta.

A primeira destas premissas, que pautou o processo de avaliação e norteou a construção deste trabalho foi a seguinte.

Se este projeto de pesquisa vai causar algum impacto na percepção dos alunos sobre as aulas de física ministradas na escola?

Durante o processo de aprendizagem, foi observado que esses alunos estavam muito mais engajados nas atividades e que as discussões de classe eram mais produtivas do que o habitual e buscaram respostas a suas limitações em conceitos que não estavam previstos anteriormente à aplicação da atividade. Esses aspectos estão intimamente ligados à aprendizagem significativa (Ausubel, 1978).

A segunda questão que nos guiou na construção desta proposta de trabalho foi a seguinte.

As atividades propostas neste projeto de pesquisa facilitarão o aprendizado dos alunos?

Podemos perceber que ao final das atividades, eles foram capazes de projetar com sucesso sistemas de polias necessários para que o carro conseguisse rebocar um peso de 2000g. A Figura 29 apresenta o trecho extraído do roteiro de atividade do G 3

Figura 29 - Trecho do trabalho do grupo

c) Quantas polias móveis seriam necessárias para o carrinho controlado remotamente conseguir levantar um peso de massa 2kg? Demonstre. Seriam necessária 4 polias móveis e duas fixas, pois a cada polia adicionada o peso resistente é dividido por 2.

Fonte: O autor

A resposta apresentada anteriormente pelo grupo de trabalho não deixando claro ao leitor como foi feita a distribuição, acoplamento e nem com fizeram a utilização destas quatro polias móveis e duas polias fixas na estrutura de polias na obtenção deste ganho de força por parte do grupo de trabalho.

A interpretação da resposta como correta, ocorreu pelo acompanhamento das atividades e os registros feitos no diário de bordo realizados durante a realização das atividades e a observação por parte do professor ao acompanhar as montagens realizadas nas atividades propostas.

Sabendo que o aparato de polias que foi utilizado eram necessárias duas polias fixas para a mudança de direção das forças e cada polia móvel acoplada ao sistema possibilitava um melhor do

aproveitamento da força motora empregada pelo carrinho controlado remotamente, como apresentado na Figura 30, a interpretação da resposta foi considerada correta desta forma.

Figura 30 - Esquemas uso das polias nas estruturas.

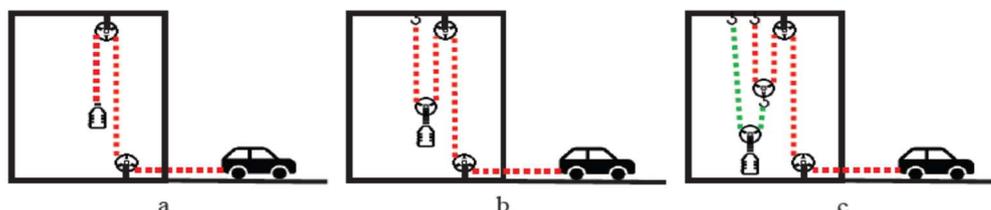


Figure 2: Schematics of the experiments to investigate the behaviour of (a) fixed pulleys, (b) a movable pulley and (c) compound pulleys.

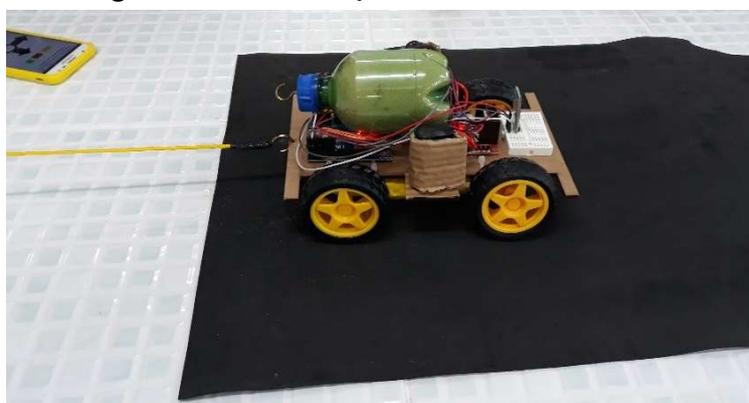
Fonte: Matos e Zannin, 2021, p.52.

Além das metas de aprendizagem que tínhamos em mente, os alunos se mostraram competitivos e curiosos sobre as diferenças de capacidade entre os seus carrinhos. Aos alunos foi dado total liberdade para explorar, modificar e testar novas variações e modificações durante as montagens do projeto, buscando formas de sempre melhorar a performance e o desempenho de seus carrinhos de acordo com seus interesses.

Um dos alunos, tomou a iniciativa de modificar as condições iniciais de tracionamento do carrinho controlado remotamente, conseguiam com isso, melhorar seu desempenho, por tentativa e erro, acrescentando peso sobre a estrutura do carrinho controlado remotamente e modificando o piso onde ele se deslocava conforme podemos verificar na Figura 31.

Posteriormente a esta realização, os demais grupos observando que este grupo de trabalho conseguindo valores maiores de tracionamento, quando modificando algumas variáveis físicas, como peso do carrinho, a mudança do piso de rodagem para mudar o coeficiente de atrito e a colocação do peso sobre o carrinho controlado remotamente para mudar a área da superfície de contato da roda com o piso e assim, poderiam melhorar o desempenho de seus carrinhos. realizassem suas medições aplicassem as mesmas modificações.

Figura 31 - Modificações das variáveis físicas.



Fonte: O autor

A “descoberta” deste princípio aconteceu quando um dos alunos, ao perceber que o carrinho controlado remotamente estava patinando a roda e não se movendo, por brincadeira acrescentou sobre o carrinho pesos extras, colocando sobre o reboque as massas não utilizadas na etapa do trabalho.

Aproveitando está “descoberta” por parte do estudante, foi incentivada por parte do professor uma segunda modificação a ser realizada no experimento, do coeficiente de atrito em diferentes condições, modificando a superfície de contato com as rodas.

Estas modificações foram implementadas colocando um material emborrachado sobre a superfície e, em outro momento, um material lubrificante para verificar que comportamento o tracionamento do carrinho, controlado remotamente, apresentava nestas duas situações.

A combinação entre estas duas modificações, conforme mostrado na Figura 31, com peso extra e superfícies alternativas, foram testadas pelos grupos para verificação do desempenho dos carrinhos. A Figura 32 apresenta trechos extraídos dos roteiros de trabalho dos grupos G3 e G4 respectivamente.

Figura 32 - Trechos da escrita dos grupos de trabalho.

a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que? Não, pois não tem tração suficiente a partir de 300g, porém quando colocado peso em cima, ele foi capaz de levantar até 600g.

a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?

Sim, mas tivemos que modificar a superfície em que o carrinho andou para dar mais atrito.

Fonte: O autor

Estas modificações realizadas pelos grupos de trabalho proporcionaram abertura para debater o papel do coeficiente de atrito e peso, mesmo que não estivesse previsto na concepção original do projeto de pesquisa.

A aprendizagem baseada em inquéritos tem sido demonstrada para induzir os alunos a se sentirem mais responsáveis por sua aprendizagem e engajados com as atividades (Barron & Darling-Hammond, 2010; Deignan, 2009) que é o que acreditamos ter acontecido com esse grupo de trabalho.

7. PERSPECTIVA FUTURAS

Nesse ponto estou deixando registrado algumas ideias que surgiram no decorrer da aplicação desta pesquisa que poderiam ser aproveitadas em uma nova reaplicação ou até mesmo exploradas em um outro trabalho com o uso do carrinho controlado remotamente em conjunto com o aparato de polias.

Ideias estas, por razão de tempo, não foram possíveis de serem implementadas nesta pesquisa, mas poderiam contribuir de forma significativa para o principal produto desta pesquisa, o aprendizado dos alunos.

Ao desenvolver este trabalho, surgiu a ideia, a partir dos questionamentos dos alunos, de modificar o piso onde carrinho se desloca, podendo colocar matérias com diferentes composições para estudar a relação do coeficiente de atrito e a capacidade de reboque.

Outra modificação a ser explorada que despertou bastante curiosidade por parte dos estudantes, a relação do peso sobre o carrinho e a capacidade de tracionamento.

Esta reflexão não foi implementada, mas sua ideia poderia ser explorada. O que aconteceria se um ou mais carrinhos controlados remotamente tentassem rebocar as massas. O que aconteceria com as forças de tração.

Poderia ter explorado um “cabo de guerra” com os carrinhos controlados remotamente, para explorar os conceitos de vetores opostos.

Fora do conteúdo citados, ele pode ser utilizado para abordar outros conceitos com por exemplo:

- velocidade,
- aceleração,
- referencial,
- circuitos elétricos,
- motores elétricos.

Enfim, acredito que os professores, dentro de suas necessidades podem adaptar a utilização da melhor maneira, pois seu desenvolvimento e construção foi pensado na forma de proporcionar esta adaptabilidade ao carrinho controlado remotamente a suprir a necessidade de ser um recurso didático tecnológico para ser usados dentro do ambiente escolar.

8. CONCLUSÃO

Este projeto proporcionou aos estudantes um grande interesse pelo estudo da Física, ao combinar a robótica educacional com uma sequência didática pensada com este propósito. As ferramentas utilizadas

se mostraram valiosas, considerando os conteúdos abordados dentro da disciplina de Física, mais especificamente no conteúdo de das Leis de Newton. A utilização do carrinho controlado remotamente e aparato de polias possibilitou aos estudantes testarem suas hipóteses com liberdade, observando na prática o que visualizaram nas figuras do livro didático, estimulando-os no processo de ensino e aprendizagem.

Esta confiança vem dos relatos e observações oriundas das aulas ministradas e a interação ocorrida em sala de aula, bem como a dedicação dos alunos durante a realização das mesmas e a busca em entender, compreender e responder os questionamentos acerca dos conceitos abordados em cada etapa do projeto.

Primeiramente, cabe destacar que, a construção e o uso do carrinho controlado remotamente trouxeram para a sala de aula uma novidade, pois grande parte dos estudantes envolvidos nunca tiveram contato com este tipo de recurso tecnológico.

O uso deste recurso em conjunto com o aparato de polias, onde grupos de estudantes tiveram que rebocar várias massas, com diversos pesos diferentes, com montagens distintas em cada etapa do projeto, possibilitou uma dinâmica diferenciada as aulas.

A abordagem que foi proposta, tendo como base a robótica educacional em conjunto com a experimentação e o trabalho em equipe, proporcionou uma interação que favoreceu o aprendizado do aluno, o estimulando e aguçando sua criticidade e criatividade.

Com isso, foi possível contextualizar o conteúdo das Leis de Newton de forma inovadora, diferenciada e criativa, possibilitando aos estudantes a compreensão dos conceitos de polias, conseguiram em muitas oportunidades fazer relações com situações que transpassaram o ambiente escolar, assim dando significado aos conceitos trabalhados nas aulas. que nos leva a refletir, no uso da robótica educacional, favorece a aprendizagem, por meio da utilização deste recurso tecnológico que não se faz presente de forma ampla no ambiente escolar da rede pública de ensino.

Nesta implementação, a parte da programação do carrinho controlado remotamente foi toda desenvolvida anteriormente à aplicação, pois a escola onde foi aplicado o projeto de pesquisa não dispõe de local e estrutura para desenvolver e testar as programações. No entanto, em escolas que tiverem local que permita esta etapa do projeto, recomendo envolver os alunos na mesma.

A montagem foi realizada de forma positiva, sem maiores dificuldades. O uso do manual de montagem se fez fundamental para este sucesso, pois ele foi todo pensado e desenvolvido para facilitar a execução, com diversos recursos visuais, com o intuito de facilitar e dar autonomia aos estudantes.

Na execução das atividades propostas, os alunos conseguiram realizar e executar as propostas solicitadas, respondendo os questionamentos e realizando as montagens e as atividades. Em uma nova aplicação podem ser explorados outros conceitos que não foram contemplados nesta pesquisa, tais como: a

mudança da massa do carrinho (colocação de peso extras para analisar seu comportamento), o coeficiente de atrito sobre diferentes superfícies e a ação conjunta de reboque dos carrinhos, entre outros.

No tocante ao aprimoramento profissional e pessoal, a elaboração e construção desta proposta de trabalho contribuíram de maneira significativas na mudança do olhar a respeito da minha prática pedagógica, trazendo a certeza que o professor sendo agente mediador e ativo no processo de aprendizado, contribui significativamente para um bom desempenho nas aulas e envolvimento dos alunos nas atividades, com isso o aprendizado dos conceitos propostos tornam-se significativos, tornando o professor a um papel de mediador do conhecimento em sala de aula.

Diante disso, o trabalho desenvolvido contribuiu para a apropriação dos conceitos da Física e a inserção do uso da robótica educacional mostrou ser uma ferramenta com fantástica capacidade de engajamento para a aula de física, podendo ser ampliada a outras disciplinas, pois desperta curiosidade nos estudantes, ficando mais motivados e engajados nas realizações das aulas de física, sendo capazes de aprender os principais conceitos e até mesmo discutir e aprender conceitos fora dos objetivos de aprendizagem.

O ponto desfavorável para a utilização desta metodologia encontra-se na lacuna a ser vencida dentro do ambiente escolar, tal como o investimento para sua implementação, capacitação dos professores, tempo necessário para sua prática nas aulas e principalmente o ceticismo de alguns professores quanto a sua validade como instrumento pedagógico que forneça elementos que corroborem com a aprendizagem efetiva dos alunos.

Este é um estudo preliminar. Resultados mais consistentes exigem uma amostra maior, implementação em diferentes turmas, por diferentes professores e dentro de diferentes ambientes escolares. O instrumento de avaliação também deve ser aprimorado, validado e aplicado aos grupos de controle.

REFERÊNCIAS

Aglaré, A. S. (2008). **Utilização da Teoria de Vygotsky em Robótica**. *Congresso da Rede Iberoamericana de Informática Educativa Brasília.*, p. p. 6.

Almeida, L. C., Silva, J. S., & Amaral, H. J. (2013). **Robótica Educacional: Uma Possibilidade para o Ensino e Aprendizagem**. *VIII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. Fonte: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/eripe/article/view/381>.

Almeida, L. D., & Vaniel, B. V. (1995). **Experimentos de equilíbrio: Sistema de forças e polias**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 134 - 141.

Anwar, S. B. (2019). **Revisão Sistemática de Estudos sobre Robótica Educacional**. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), artigo 2°. doi:10.7771/2157-9288.1223

Arís, N., & Orcos, L. (2019). **Robótica Educacional na Etapa do Ensino Médio: Estudo Empírico sobre Motivação e Habilidades STEM**. *Eductionation Sciences*, 9(2), 73. doi:10.3390/educsci9020073

Assis, A. K. (2008). **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. Campinas, SP, Brasil: Apeiron Montreal.

Ausubel, D. N. (1978). **Educational Psychology: A Cognitive View**. 2nd Ed. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Azar, A. &. (2011). **Métodos de ensino assistidos por computador e assistidos por laboratório no ensino de física: o efeito na realização da física estudantil e atitude em relação à física**. *International Journal of Physics & Chemistry Education*. 3(SI), 43-50.

Azevedo, Aglaé, A., & Pitta. (2010). **Minicurso: Introdução a Robótica Educacional**. *62ª Reunião Anual da SBPC*. Acesso em 12 de fevereiro de 2019, disponível em <http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Samuel%20Azevedo.pdf>

Balola, R. (2010). **Princípios Matemáticos da Filosofia Natural: A lei de inércia**. *Mestrado em Estudos Clássicos*. Lisboa, Portugal.: Universidade de Lisboa.

Barbieri, P. F. (2011). **Reavaliação e rememoração dos conceitos da mecânica geral com análise geométrica e/ou gráfica: máquina simples**. Parte II. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, pp. 4305-1, 4305-7. doi:4305-1, 4305-7.

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2010). **Perspectivas e desafios para abordagens baseadas em inquéritos para o aprendizado**. Em H. Dumont, D. Istance & F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*, 199 - 225.

Benitti, F. B. (2012). Explorando o potencial educacional da robótica nas escolas: Uma revisão sistemática. *Informática e Educação*, 978 - 988. doi:10.1016/j.compedu. 2011.10.006

Campos, F. R. (outubro / dezembro de 2017). **Robótica Educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras.** *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação.*, p. p.14. doi:10.21723/riaee.v12.n4.out./dez.2017.8778

Cardoso, J. M. (2019). **Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(4), e20190028. . doi:10.1590/1806-9126-rbef-2019-0028

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). **Research Methods in Education.** Routledge. New York, 7 ed.

Deignan, T. (2009). **Aprendizagem baseada em inquéritos: perspectivas sobre a prática.** . *Ensino Superior* , 14(1):, 13 - 28.

DeWitt, J. A. (2019). **Razões dos alunos de 15/16 anos para escolher e não escolher física em um nível.** *International Journal of Science and Math Education*, 17, p. 1071 - 1087. doi:10.1007/s10763-018-9900-4

Erinosho, S. (2013). **Como os alunos percebem a dificuldade da física no ensino médio? Um estudo exploratório na Nigéria.** *Revista Internacional de Assuntos Interdisciplinares em Educação.* 3., p. 1510 - 1515. doi: 10.20533/ijcdse.2042.6364.2013.0212.

Ferreira, J., & Raboni, P. C. (2013). **A ficção científica de Júlio Verne e o ensino de Física: uma análise de “Vinte Mil Léguas Submarinas”.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis*, v. 30, n° 1, p. 84 - 103. Fonte: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p84>.

Flanigan, A. &. (2020). **Distração digital em sala de aula: explorando percepções e reações do instrutor.** *Ensino no Ensino Superior.* doi:10.1080/13562517.2020.1724937

Fukui, A., Molina, M. D., & Venê. (2006). **Ser protagonista: Física 1º Ano.** São Paulo: SM.

Gaspar, A., & Monteiro, I. D. (2005). **A Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky.** *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 2(10), 227 - 254.

Gomes, C. G., Silva, F. O., Botelho, J. D., & Souza, A. R. (2010). **A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem.** *Ensino de ciências e matemática, IV: temas de investigação.*, 244.

Grant, M. T. (2015). **Ensino e Aprendizagem com Dispositivos de Computação Móvel: Estudo de Caso em Salas de Aula K-12.** *Techrends Tech Trends*, 32-45. doi:10.1007/s11528-015-0869-3

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1996). **Fundamentos da Física 1 (4º ed., Vol. 1).** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC.

Hewtt, P. G. (2011). **Física Conceitual (11ª ed.).** Porto Alegre: Artmed Editora S.A.

Lopes, D. D. (2008). **A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional**. Porto Alegre - RS: Tese de doutorado apresentado ao programa de de pós-graduação em informática na educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Matos, M. T., & Zannin, M. (29 de Janeiro de 2021). **Educational Robotics: Building and Applying an App-controlled Car to Study Newton's Laws**. *Open Education Studies*. 49-55. doi: <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0139>.

McCoy, B. (2016). **Distrações digitais na fase II da sala de aula: Uso de dispositivos digitais em sala de aula para fins não relacionados à classe**. *Revista de Educação midiática* 7(1, 5-32.)

Menezes, E. T., & Santos, T. H. (10 de Fevereiro de 2019). **EducaBrasil. (Midiamix Editora) Fonte: Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Verbetes robótica educacional**. : <http://www.educabrasil.com.br/robotica-educacional>

Menezes, L. d. (2016). **Sequência didática para aprendizagem ativa das leis de Newton**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física. São Cristóvão – SE.

Miller, D. P. (2016). **Robótica para a Educação**. In: Siciliano B., Khatib O. *Springer Handbook of Robotics*.

Moreira, A. C. (2011). **Uma visão vygotskyana das atividades experimentais de Física publicadas em revistas de ensino de Ciências**. *Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências)*. Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.

Moreira, M. A. (Março de 2020). **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas**. p. 94 - 99.

NEWTON, I. (1871). *Newton's principia*. Londres.

Nikolopoulou, K. (2020). **Percepções dos professores do ensino médio sobre o uso de celular e tablet em salas de aula: benefícios, restrições e preocupações**. *Journal of Computers in Education*, 7, 257-275. doi:10.1007/s40692-020-00156-7

O'Bannon, B. W. (2015). **Telefones celulares em sala de aula: Professores de pré-serviço atendem ao chamado**. *Informática e Educação*, 85, 110-122. doi:10.1016/j.compedu.2015.02.010

Paula, N. M. (2009). **Criança pequena dois anos no ciberespaço: Interatividade possível?** Brasília: Universidade de Brasília.

Persada, S. M. (2019). **Entendendo o Comportamento da Geração Z no D-Learning: Uma Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT)**. *International Journal Of Emerging Technologies In Learning (IJET)*, 20-33. doi:<http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v14i05.9993>

Prensky, M. (2005). **O que você pode aprender com um celular? Quase tudo! Inovar: Jornal da Educação Online**,1(5). *Inovar: Jornal da Educação Online*1(5).

Rocha, J. F. (2011). **Origens e evolução das idéias da física.** [livro eletrônico]. Salvador: EDUFBA.,
Schwichow, M. Z. (2016). **O que os alunos aprendem com as atividades hands-on.** . *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7):, 980 - 1002. doi:10.1002/tea.21320

Scorsatto, M. C. (2010). **Uma Abordagem Alternativa para o Ensino da Física: Consumo Racional de Energia.** *Dissertação de Mestrado ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVASTES*, (p. 83). Lajeado - RS. Fonte: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/117/1/MaiconScorsatto.pdf>

Silva, A. F., & Gonçalves, L. m. (2007). **Aprendizado em agentes robóticos baseado na teoria de Vygotsky.** *VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, 06.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2014). **Física para cientistas e engenheiros** (6° ed., Vol. 1). Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC.

Turner, A. (2015). **Geração Z: Tecnologia e Interesse Social.** *Revista de Psicologia Individual*. 103 - 103. doi:10.1353/jip.2015.0021

UNESCO. (2015). **Educação para a cidadania global: preparando alunos para os desafios do século XXI.** (R. Brossard, Trad.) *Brasília - DF: UNESCO*. doi:978-85-7652-200-3

Vygotsky, L. S. (2001). **Pensamento e Linguagem (Vol. 1º).** (R. C. Mores, Ed.) Edição eletrônica: eBooksBrasil. Fonte: <http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/vigo.pdf>

Vygotsky, L. S. (1991). **A formação social da mente. (Vol. 4º Edição brasileira.)**. São Paulo - SP:: Livraria Martins Fontes Editora Ltda.

Warshauer, H. K. (2014). **Productive Struggle in Teaching and Learning Middle School Mathematics.** *Texas State University*, 28. doi:DOI 10.1007/s10857-014-9286-3

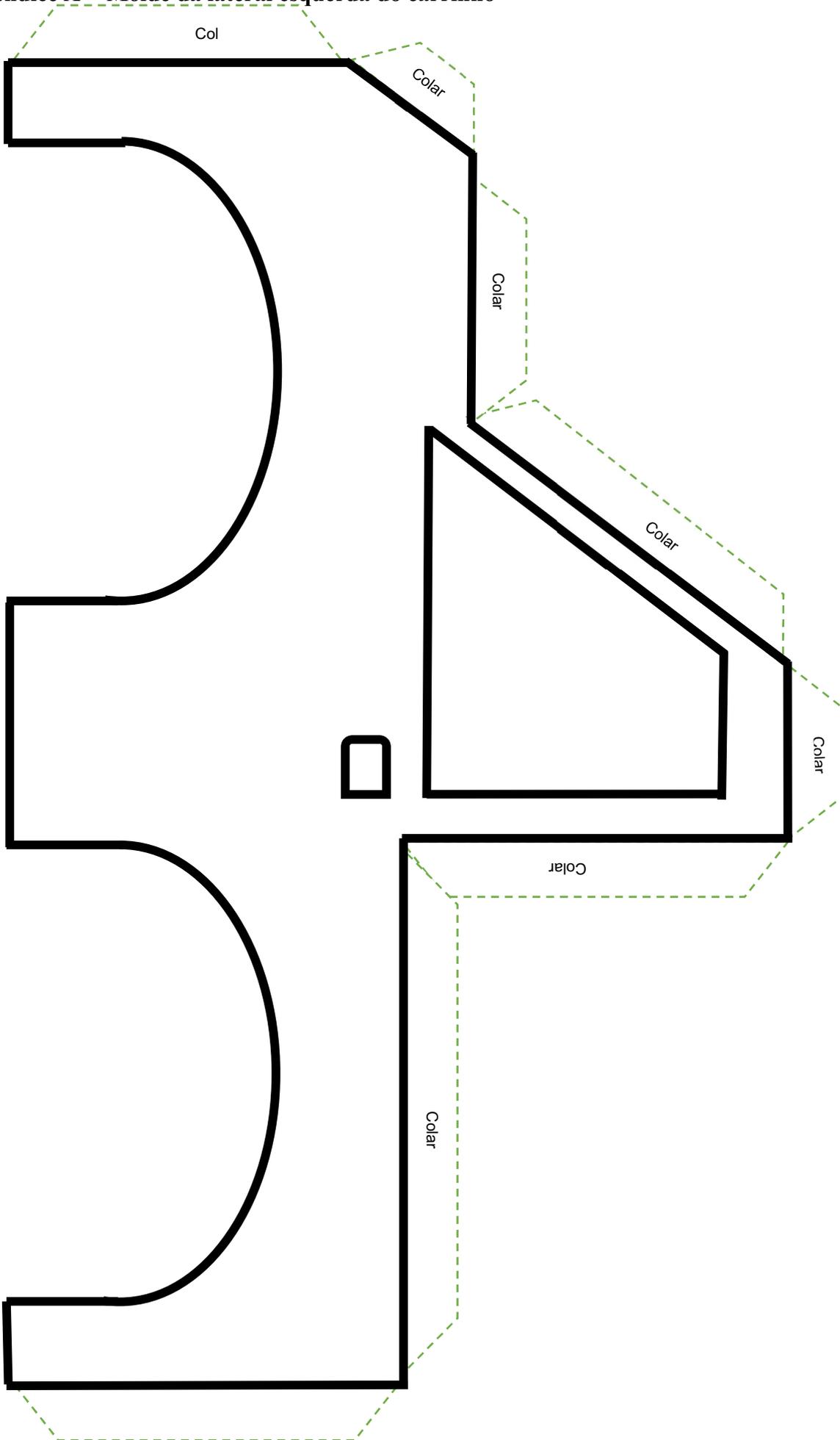
Young, H. D., & Freedman. (2012). **Física I - Mecânica (12º ed., Vol. 1).** São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda.

Zhong, B. &. (2020). **Revisão Sistemática sobre a Exploração do Potencial da Robótica Educacional na Educação Matemática.** *Int J. de Science e Math Education 1*, 79 - 100. doi:10.1007/s10763-018-09939-y

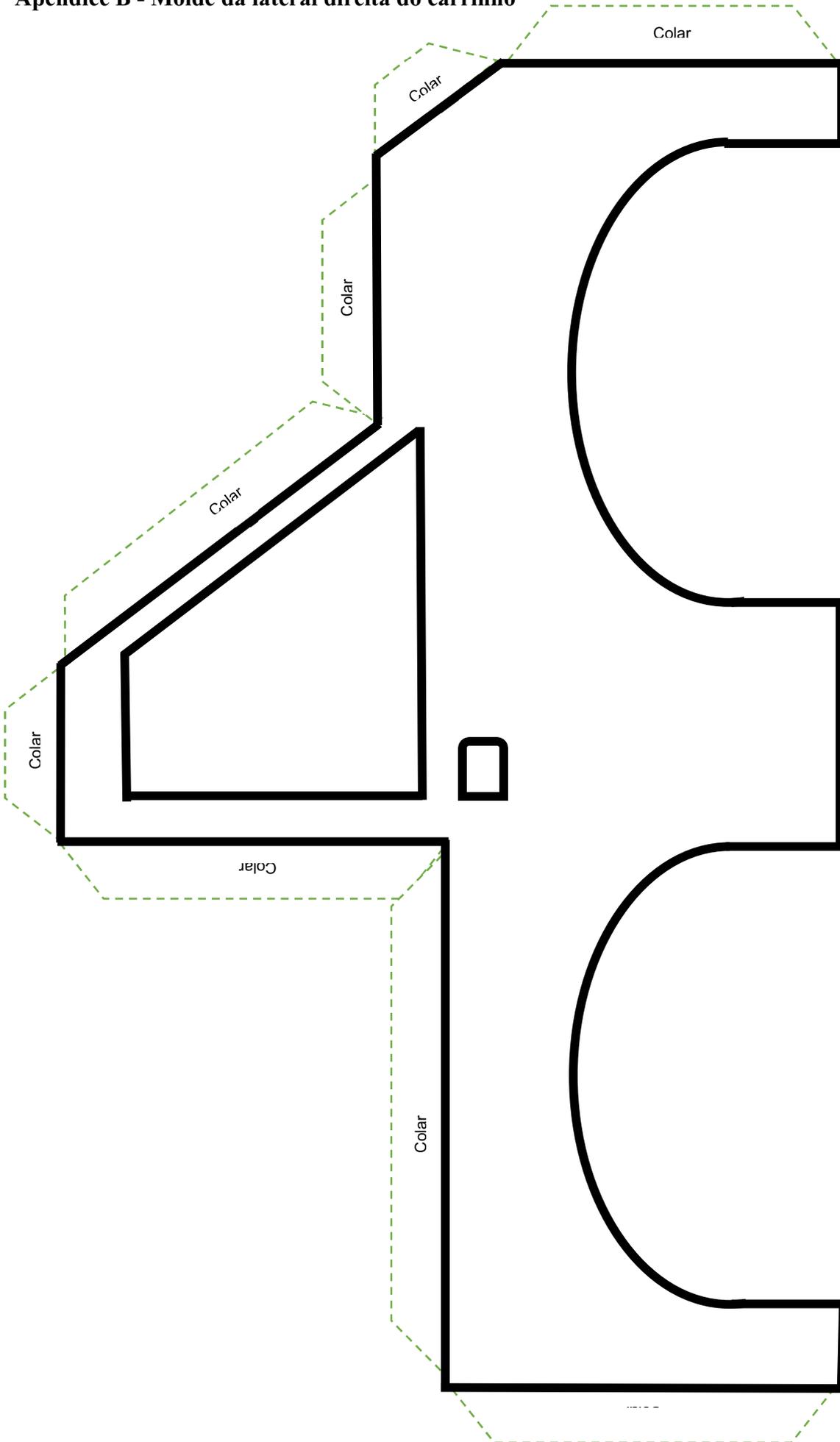
Zilli, S. D. (2004). **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática.** *Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina,. Fonte: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/>

APÊNDICE

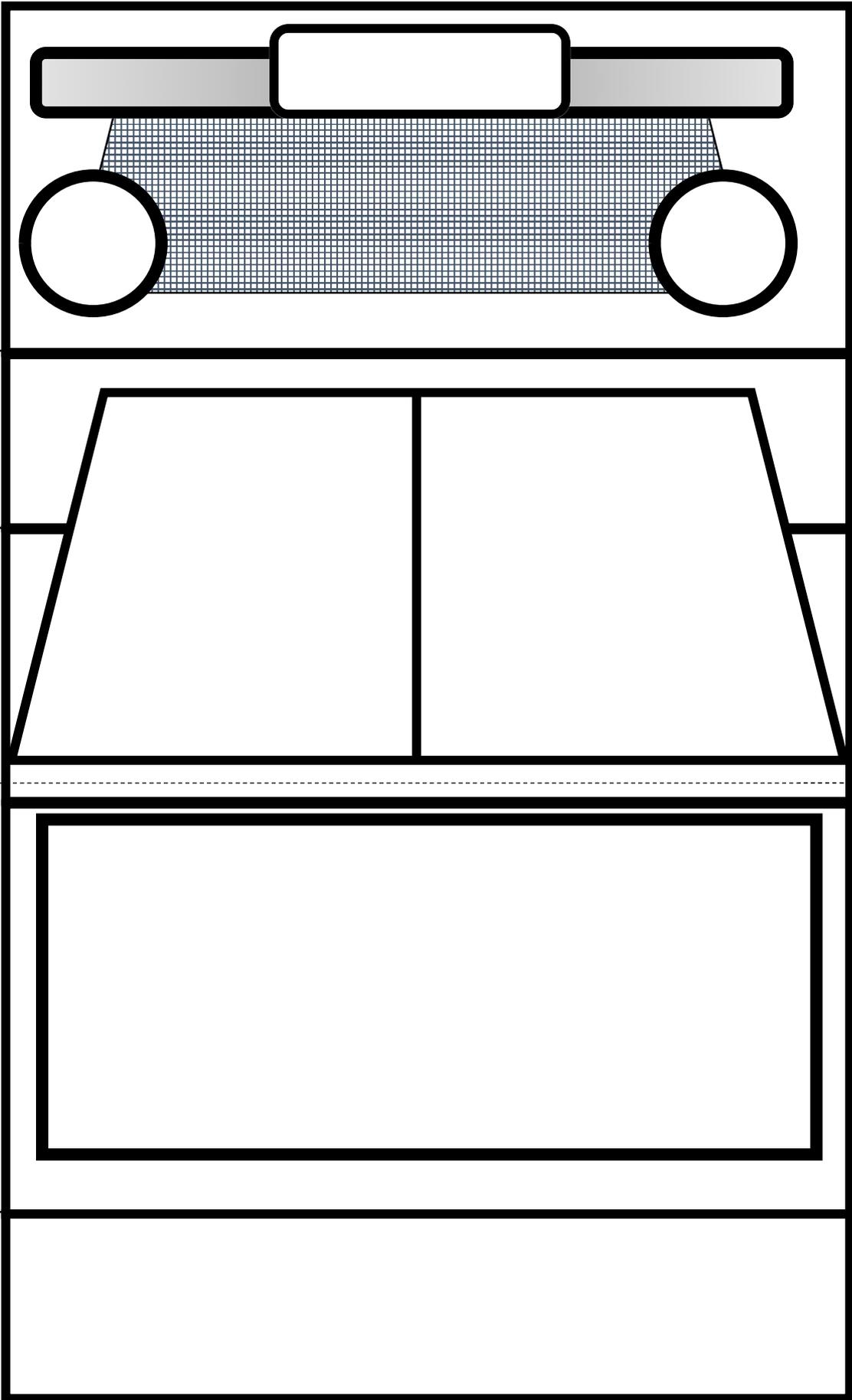
Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho



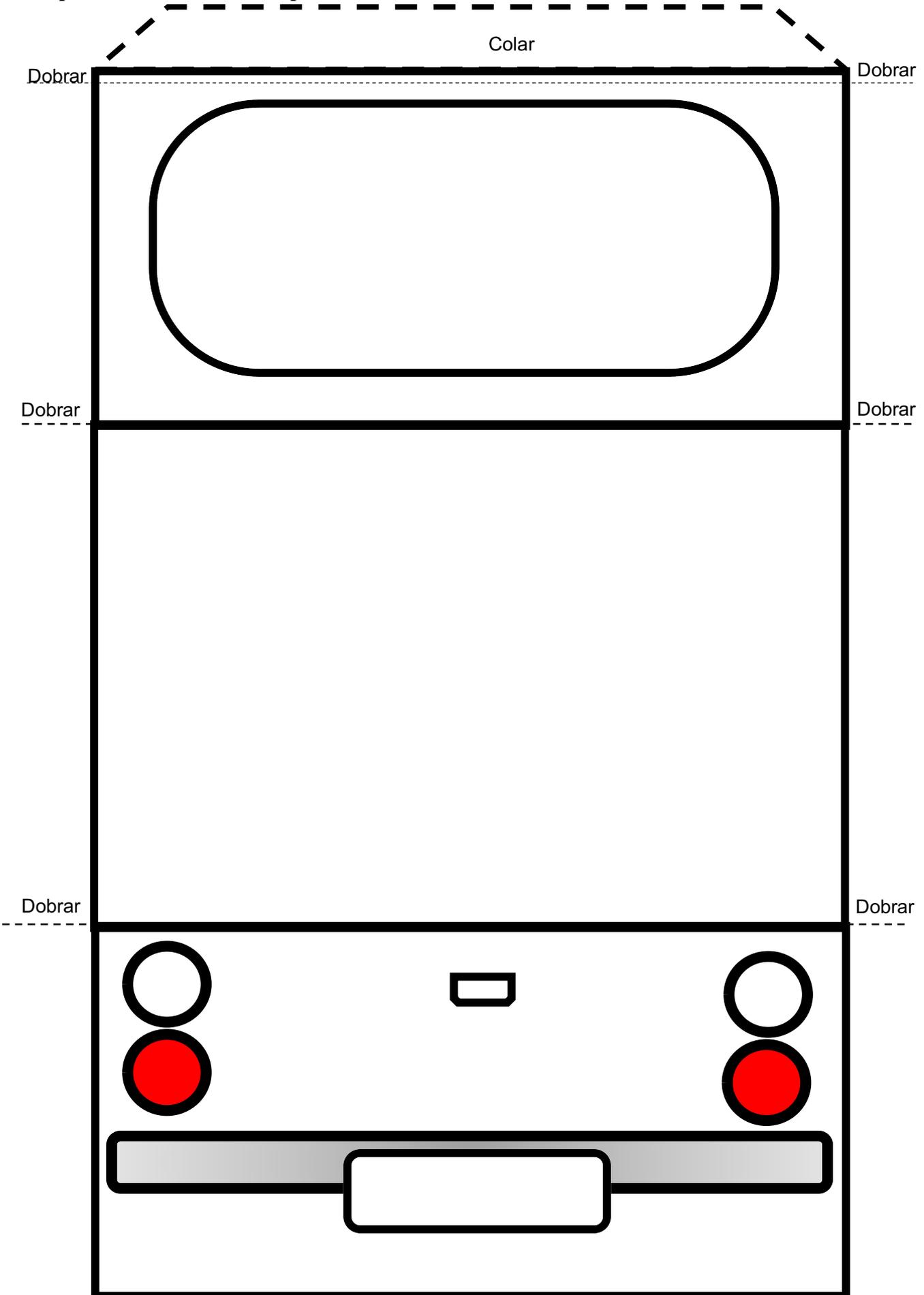
Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho



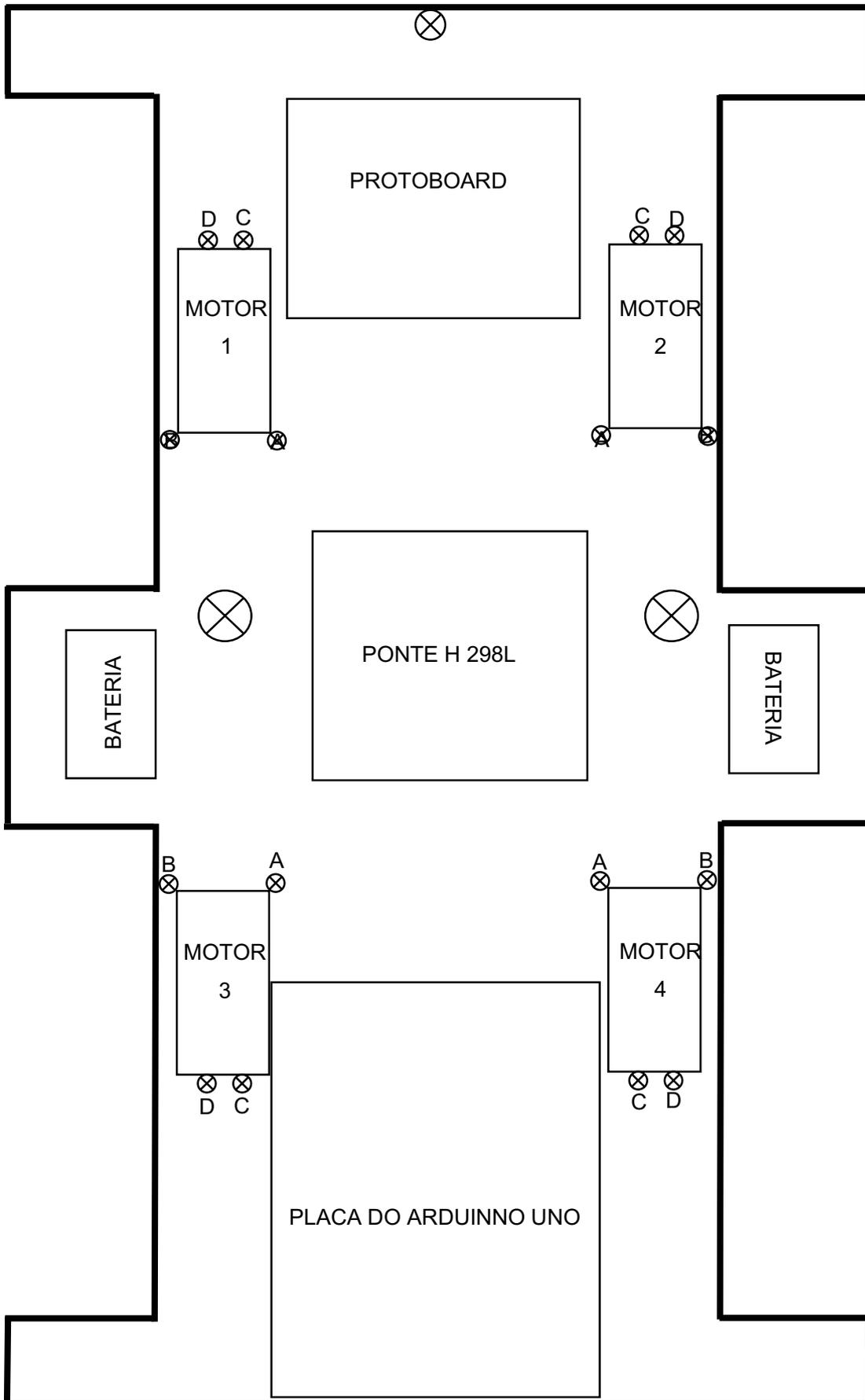
Apêndice C - Molde da superior frontal



Apêndice D - Molde da superior trazeira



Apêndice E - Molde da base



Apêndice F - Programação para o carrinho

O programa a seguir deve ser copiado e colado no Arduino IDE para, em seguida, ser carregado no Arduino via cabo USB.

```
//Programa: Carrinho controlado remotamente
//Autor: Maicon Teixeira de Matos

//Portas no qual estaremos utilizando
// MOTORES ESQUERDOS
int IN1 = 4; //jumper cinza
int IN2 = 2; //jumper branco
int velocidadeA = 3; // jumper preto

//MOTORES DIREITOS
int IN3 = 5; //jumper rosa
int IN4 = 7; // jumper azul
int velocidadeB = 6; //jumper verde

//COMUNICAÇÃO VIA BLUETOOTH
char x;

void setup(){
//COMUNICAÇÃO COM A SERIAL
Serial.begin(9600);
//DEFININDO OS PINOS DE SAIDAS
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(velocidadeA,OUTPUT);
pinMode(velocidadeB, OUTPUT);
}

void loop()
{
x = Serial.read();
if(x=='f') {
//Gira os motores para frente (FRONT)
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(velocidadeA,250);
digitalWrite(IN3, HIGH);
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(velocidadeB,250);
}
if(x=='r') {
//Gira os motores direita (RIGHT)
digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(velocidadeA,200);
digitalWrite(IN3, HIGH);
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(velocidadeB,200);
}

if(x=='s') {
//Os motores param (STOP)
digitalWrite(IN1, LOW);
```

```
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(velocidadeA, 0);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(velocidadeB, 0);
}

if(x=='l') {
  //Gira os motores esquerda (LEFT)
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(velocidadeA, 200);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, HIGH);
analogWrite(velocidadeB, 200);
}

if(x=='c') {
  //Os motores voltar (COME BACK)
digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(velocidadeA, 250);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, HIGH);
analogWrite(velocidadeB, 250);
}
}
```

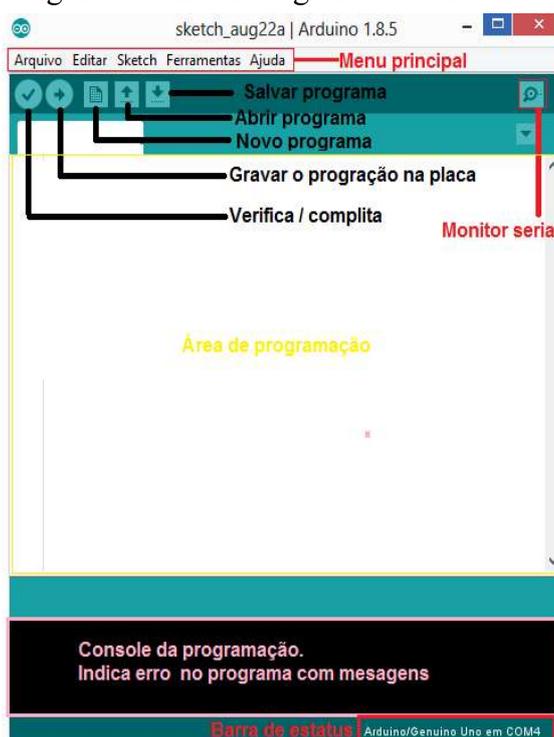
Apêndice G - Programação do Arduino

A programação do carrinho usará a plataforma *open code*, fundamentada em *hardware* e *software* fáceis manipulação chamada de Arduino.

A escolha pelo Arduino deu-se por ser uma placa de prototipagem de fácil manuseio e de custo acessível e podendo se adaptar aos mais diferentes projetos e por isso tendo diversas possibilidades de consulta sobre sua utilização, desde os fóruns, tutoriais de instalação e utilização e tira dúvidas no próprio site do fabricante bem como em diversas plataformas na internet, com isso podendo ser consultadas para sanar eventuais dúvidas sobre a montagem e programação do projeto.

Efetuada o download e a instalação do aplicativo do *Arduino Desktop IDE*, (*Integrated Development Environment*), compatível com o seu sistema operacional utilizado em seu *laptop* ou *desktop*, aparecerá uma janela de comando o apresentado abaixo. Destacamos os principais funções e comandos da janela conforme indica na Figura 33.

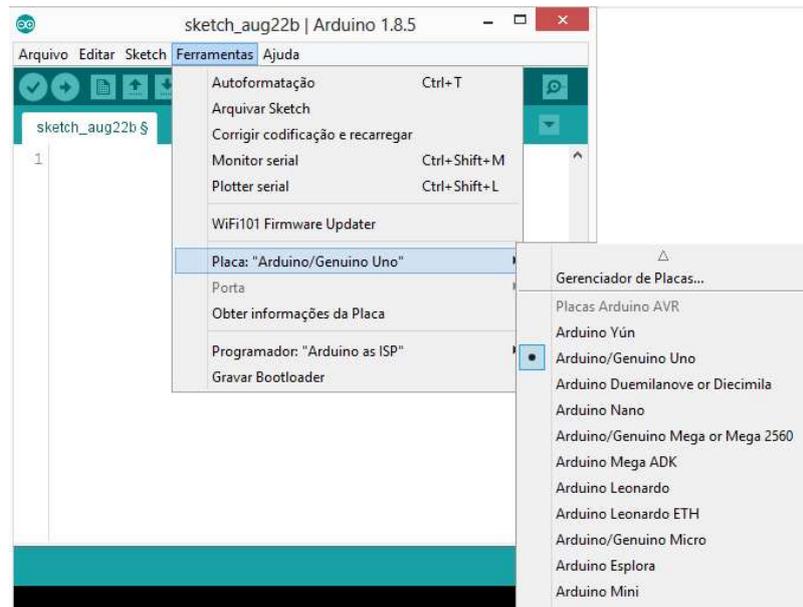
Figura 33 - Interface gráfica do Arduino.



Fonte: O autor

Com o programa de Arduino instalado e aberto deve-se selecionar o modelo da placa do Arduino utilizado no projeto. Para isso Para isso selecionasse na interface o menu Ferramentas → Placa → Arduino Uno (modelo usado neste projeto), conforme mostra à Figura 34.

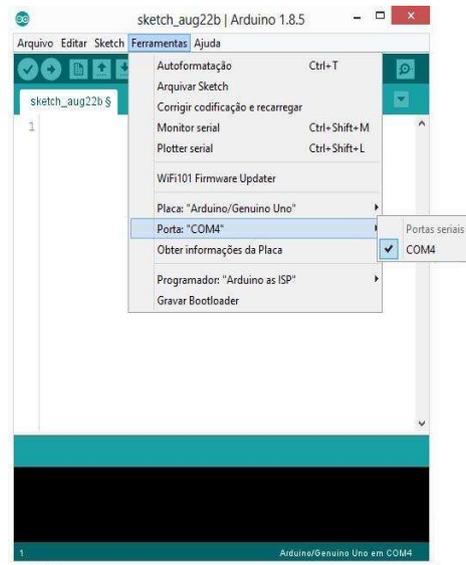
Figura 34 - Seleção do modelo do Arduino.



Fonte: O autor

Com o Arduino aberto selecione a porta serial que a sua placa está se comunicando com seu correspondente à placa do Arduino utilizada no seu projeto no menu como indicado na Figura 35 (COM1 e COM2) são normalmente reservados para portas seriais nativas e não por USB).

Figura 35 - Selecionando a porta serial do Arduino.



Fonte: O autor

Após selecionar o modelo basta copiar o código programação para o carrinho (apêndice F) utilizado na programação deste projeto e colar no ambiente de programação salvando em seguida, abaixo a Figura 36. Mostra o aspecto da interface com parte do código do projeto.

Figura 36 - Interface com o nome do programa.

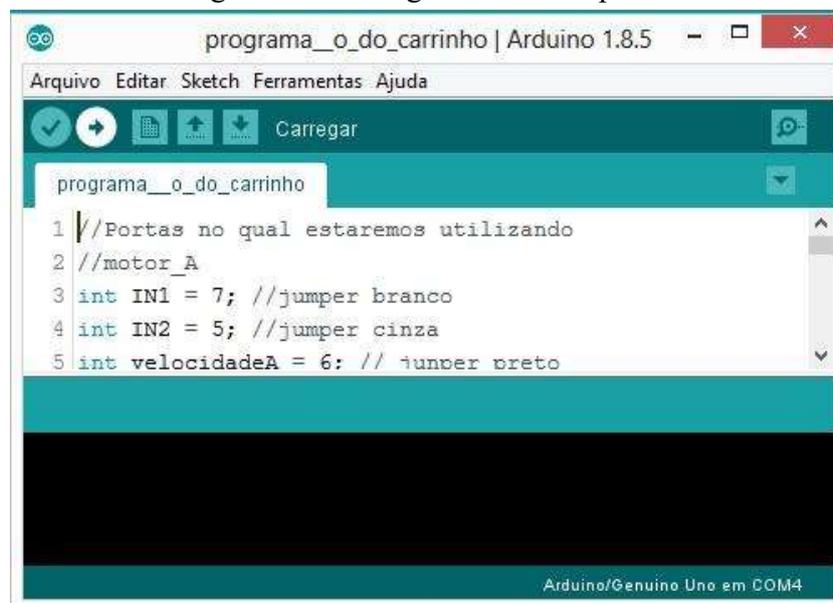


Fonte: O autor

Para fazer o *upload* do código na placa do Arduino, “Carregar” clique na opção *upload* ambiente de desenvolvimento. Conforme indicado na Figura 37.

Atenção: Para carregar o programa no Arduino, desconecte os pinos TX e RX do módulo Bluetooth, para não ocorrer conflito com a serial.

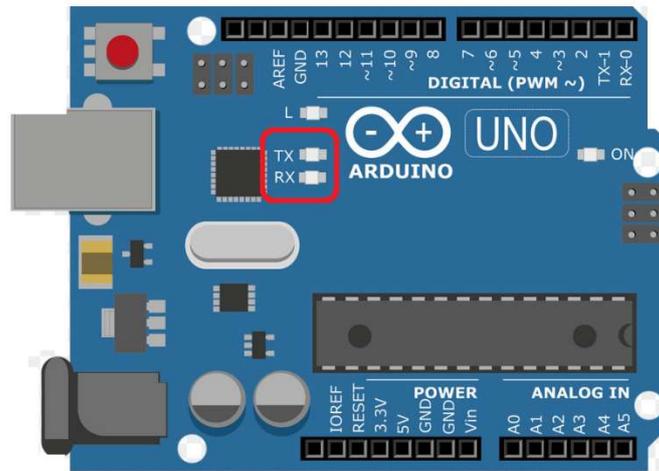
Figura 37 - Carregamento do arquivo.



Fonte: O autor

Espera alguns segundos. Se tudo ocorrer normalmente, os diodos emissores de luz ou simplesmente (LED's) indicadores RX e TX, indicados na Figura 38 ,devem estar piscando.

Figura 38 - Led's indicadores RX e TX



Fonte: disponível em: <https://www.gratispng.com/png-lwugx2>
Acesso em 01 de setembro de 2020

Logo aparecerá uma mensagem no console do compilador com as informações de tamanho do arquivo e outros detalhes, isto indica que o *upload* foi bem-sucedido a mensagem “Carregado” irá aparecer acima do console compilador conforme a Figura 39.

Figura 39 - Status do programa.

```

Carregado
O sketch usa 2188 bytes (6%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 185 bytes (9%) de memória dinâmica, deixando 1863 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.
  
```

Arduino/Genuino Uno em COM4

Fonte: O autor

Apêndice H - Programação para o carrinho comentada

A programação utilizada no carrinho controlado remotamente, sendo está uma forma de dizer para um computador o que ele deve fazer, este deve conter uma sequência de comandos que o programa deve executar, afim de realizar a tarefa desejada.

Os computadores por maiores avanços tecnológicos que tenha alcançados não conseguem entender diretamente a nossa linguagem, necessitamos para isso de um ambiente especial para fazer que o computador entenda o que desejamos que ele faça, este ambiente, chamado de linguagem de programação, existem muitas delas, neste caso especifico iremos trabalhar a programação em Arduino.

Esta sequência de comandos será escrita no aplicativo do Arduino *Desktop* IDE que será escrita na forma de um arquivo de texto contendo códigos, introduções e declarações de *shield* usados na montagem, também conhecida como *sketch*, será compilada pelo aplicativo e convertida em um programa para a linguagem da máquina, onde somente o aplicativo do Arduino entenderá, esta ação de conversão dos dados em para a máquina é chamado de compilar.

Este conjunto de códigos ou introduções é conhecido como programação, na linguagem do Arduino precisamos fazer uma declaração de variável, esta declaração de variável é um recurso utilizado para armazenar dados em um programa de computador na sua memória, assim ao declararmos uma variável ela representará uma região da memória que será utilizada para o armazenamento desta informação.

Primeiramente o que faremos na programação é colocar no início do programa, uma observação sobre o nome do programa, a sua função e quem o nome do programador que à criou.

```
//Programa: Carrinho controlado remotamente
```

```
//Autor: Maicon Teixeira de Matos
```

As informações que estão colocadas depois de um par de barras duplas, são comentário de texto no programa que serve apenas para explicar, ou seja, documentar o código, lembretes para a função ou nome que colocamos para os programas sem executar nenhum tipo de comando,

Nesta parte da programação estão definindo as variáveis do tipo inteira, que serão usados para as conexões com os motores e a regulagem de velocidade.

```
//Portas no qual estaremos utilizando
```

```
// MOTORES ESQUERDOS
```

```
int IN1 = 4; //jumper cinza
```

```
int IN2 = 2; //jumper branco
```

```
int velocidadeA = 3; // jumper preto
```

```
//MOTORES DIREITOS
int IN3 = 5; //jumper rosa
int IN4 = 7; // jumper azul
int velocidadeB = 6; //jumper verde
```

O motor_A declarado no comentário, onde estão conectados aos pinos 2, 3 e 4 no Arduino, movimenta as rodas do lado esquerdo do carrinho. O motor_B, conectados aos pinos 5, 6 e 7 no Arduino movimenta as rodas do lado direito.

Estas linhas de código, só conectadas aos motores através dos pinos 4, 2, 6 e 7 do Arduino respectivamente e as velocidades destes motores podem ser variadas conforme a programação, mas esta informação chegará ao Arduino pelos pinos 3 e 5 dos motores respectivamente, pois são pinos PWN onde é possível realizar modificações da velocidade de rotação dos motores, assim esta informação será armazenar para usar ao longo do programa.

Tendo a necessidade de variar a velocidade dos motores, devemos modificar os comandos dos códigos da programação em cada *if* da programação na linha, mostrada abaixo:

```
analogWrite(velocidadeA,250);
analogWrite(velocidadeB,250);
```

Os valores que podem ser utilizados pelo Arduino para o controle da velocidade é um valor inteiro armazenado em 8 bits, variam de 0 até 255.

Para a comunicação com o módulo *bluetooth* foi utilizado uma variável do tipo char, quando acionada pelo comando direcional aplicativo que controla o deslocamento do carrinho, que enviará um caractere como comando ao Arduino, que será recebido no comando abaixo, detalhado na função *loop*.

```
char x;
```

A função *void setup* é executada uma única vez na programação, sempre que a placa do Arduino for ligada ou religada.

```
void setup() {
```

A primeira função a ser utilizada ao se trabalhar com o Arduino, sendo que a velocidade da taxa de comunicação em Bits por segundo entre a placa de Arduino e o programa.

```
//Comunica com a serial
Serial.begin(9600);
```

Esta função chamada de *pinMode* pode configurar um determinado pino como sendo de entrada (INPUT) ou saída (OUTPUT).

Na programação apresentada todos os pinos estão configurados com saída de dados.

```
//Define os pinos como saída
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(velocidadeA, OUTPUT);
pinMode(velocidadeB, OUTPUT);
}
```

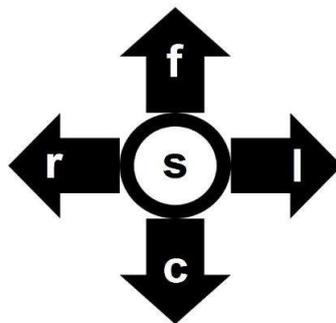
Depois de realizar os comandos da função setup, o programa busca no código de comando pertencentes a função loop.

Estas instruções são enviadas ao Arduino através do aplicativo utilizando para controlar remotamente o carrinho.

Cada botão do aplicativo, quando acionado está programado para enviar um caractere, via comunicação *bluetooth* ao Arduino, sendo este o responsável pelo controle direcional do carrinho.

Os caracteres responsáveis pelos comandos direcionais são as iniciais minúsculas dos comandos: *fronte* “f”, *right* ”r”, *stop* “s”, *left* ”l” e *come back* “c” como mostra a Figura 40.

Figura 40 - Controle com as letras de comando.



Fonte: O autor

```
void loop()
{
  x = Serial.read();
```

O comando *if* na estrutura da programação tem a finalidade de verificação na programação, se isso for verdade, execute tal comando. No caso desta programação, se o botão do direcional do aplicativo de controle for pressionado com a intenção de mandar o carrinho ir a frente, será enviado “f” pelo aplicativo por meio da comunicação via *bluetooth*, assim a programação realizada entenderá que deve acionar os

motores de modo que o carrinho controlado remotamente ande para frente, se não busque a próxima função declarada na sua programação para executar uma tarefa.

A lógica da programação é muito simples, pois se a condição for verdadeira, os comandos descritos entre { e }, esta função ficará em loop esperando receber um novo comando.

```
if(x=='f') {
  //Gira os motores para frente (FRONT)
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,250);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,250);
}
```

Dentro da estrutura de programação buscará qual dos *if* é a condição verdadeira solicitada pelo aplicativo direcional do carrinho a ser executada, assim os comandos descritos nesta parte da programação serão realizados, estes comandos estão escritos dentre os parênteses.

```
if(x=='f') {
  //Gira os motores para frente (FRONT)
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,250);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,250);
}
```

Em cada estrutura do comando *if*, temos descritas o que deve ser executados nos motores, isto é, ligando o desligando os pinos, para que estes façam os carrinhos se movimentar da forma desejada.

Esta será realizada nos `digitalWrite`, este parâmetro de comando define que tipo de pino e o valor.

Nesta programação os `digitalWrite` estão buscando nas variáveis declaradas `int` e ser este pino deve ser `HIGH`, ligado ou `LOW`, desligado.

A função `analogWrite` também tem dois parâmetros, sendo as variáveis onde informaremos o valor de rotação do motor, isto é, controlando este valor controlamos a velocidade de rotação do motor, conseqüentemente a velocidade que o carrinho controlado remotamente vai ter. Este controle só é possível

de ser realizado pois o pino utilizado nesta conexão é do tipo PWN, assim podemos varia o valor de 0 até 255.

Esta lógica de programação utilizada para escrever o primeiro *if*, foi replicada aos outros blocos de programação, variando os pinos que estavam sendo ligados e desligados e a valor atribuído a rotação do motor, como podemos observar no restante da programação descrita abaixo.

```

if(x=='r') {
  //Gira os motores direita (RIGHT)
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  analogWrite(velocidadeA,200);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,200);
}
if(x=='s') {
  //Os motores param (STOP)
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,0);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,0);
}
if(x=='l') {
  //Gira os motores esquerda (LEFT)
  digitalWrite(IN1,HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,200);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4,HIGH);
  analogWrite(velocidadeB,200);
}
if(x=='c') {

```

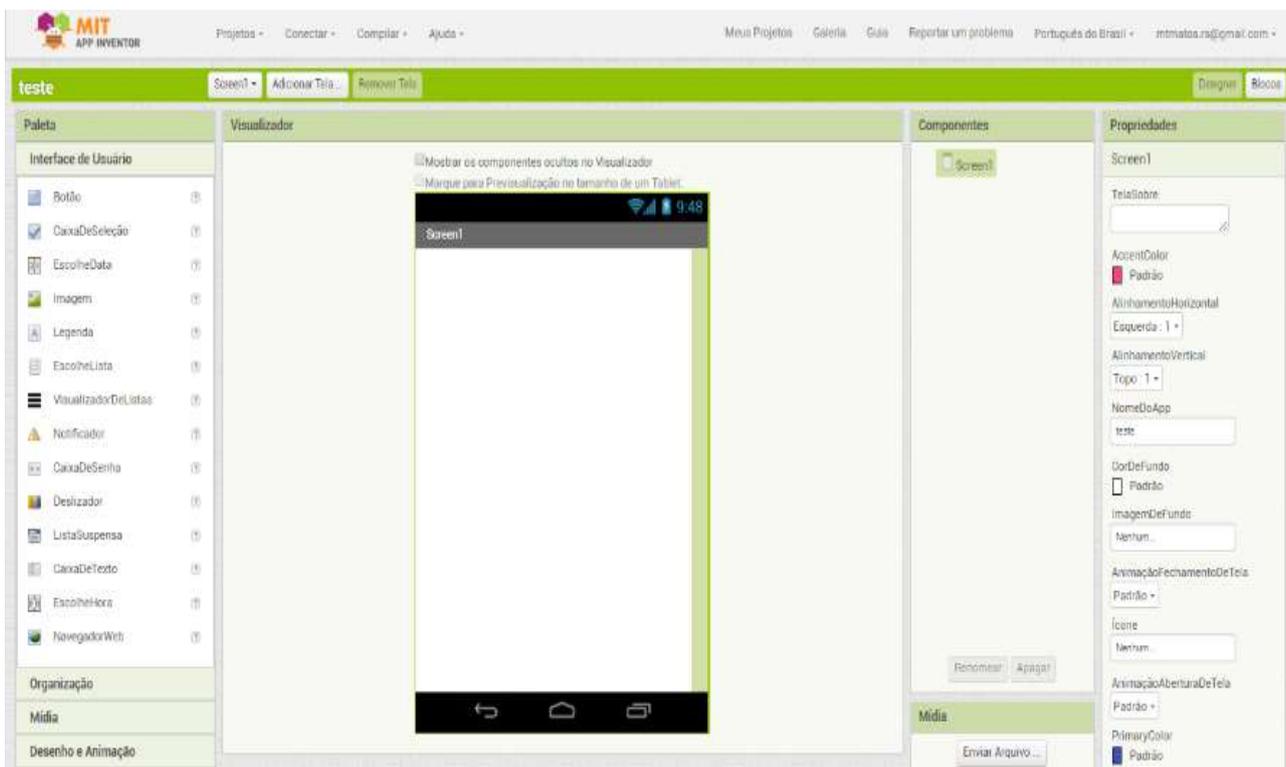
```
//Os motores voltar (COME BACK)
digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(velocidadeA,250);
digitalWrite(IN3,LOW);
digitalWrite(IN4,HIGH);
analogWrite(velocidadeB,250);
}
}
```

Apêndice I - Programação do aplicativo

O Massachusetts Institute of Technology desenvolvedora do aplicativo (MIT APP Inventor) disponível neste endereço (<http://ai2.appinventor.mit.edu/>) é um ambiente de programação gráfica que permite a criação de aplicativos para as mais variadas formas de plataformas, esta versatilidade foi preponderante para a escolha deste software para o criação e desenvolvimento da interface gráfica do aplicativo deste projeto. Para a sua utilização somente é necessária o login com uma conta de e-mail do tipo Gmail, um serviço gratuito de E-mail da empresa Google.

A abaixo Figura 41 mostra o aspecto da interface gráfica do ambiente de desenvolvimento MIT APP Inventor.

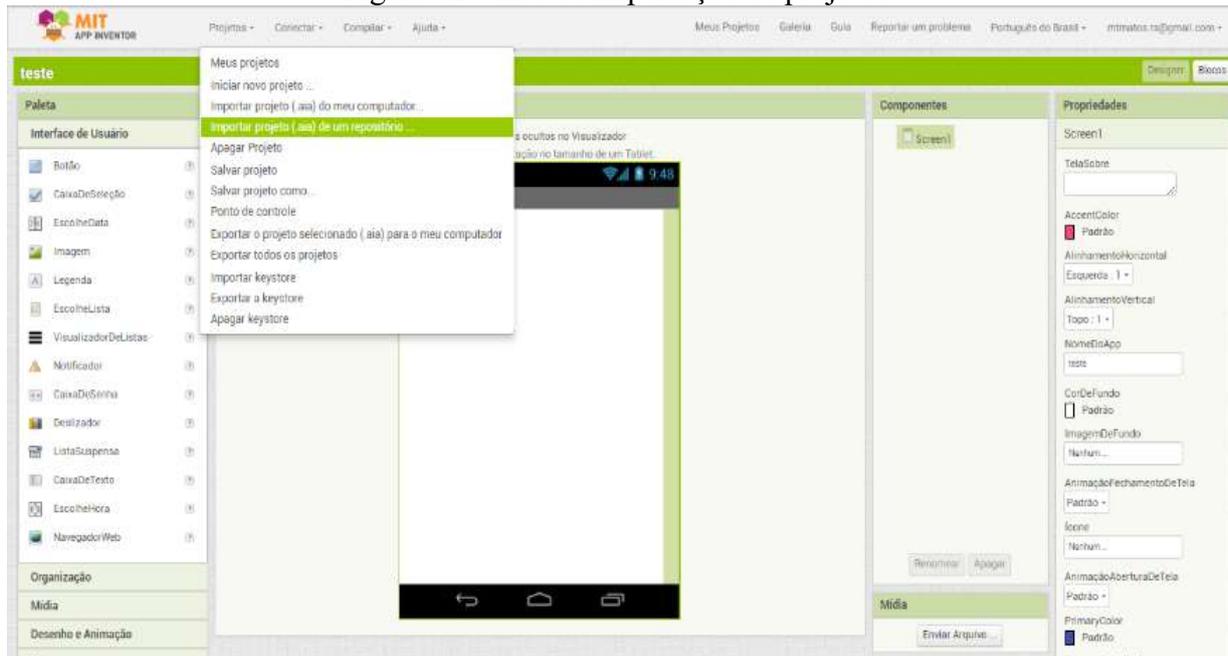
Figura 41 - Interface gráfica do MIT APP Inventor.



Fonte: O autor

Com o MIT APP Inventor aberto, clic em: Projetos → Importa projetos de um repositório, como mostrado na Figura 42.

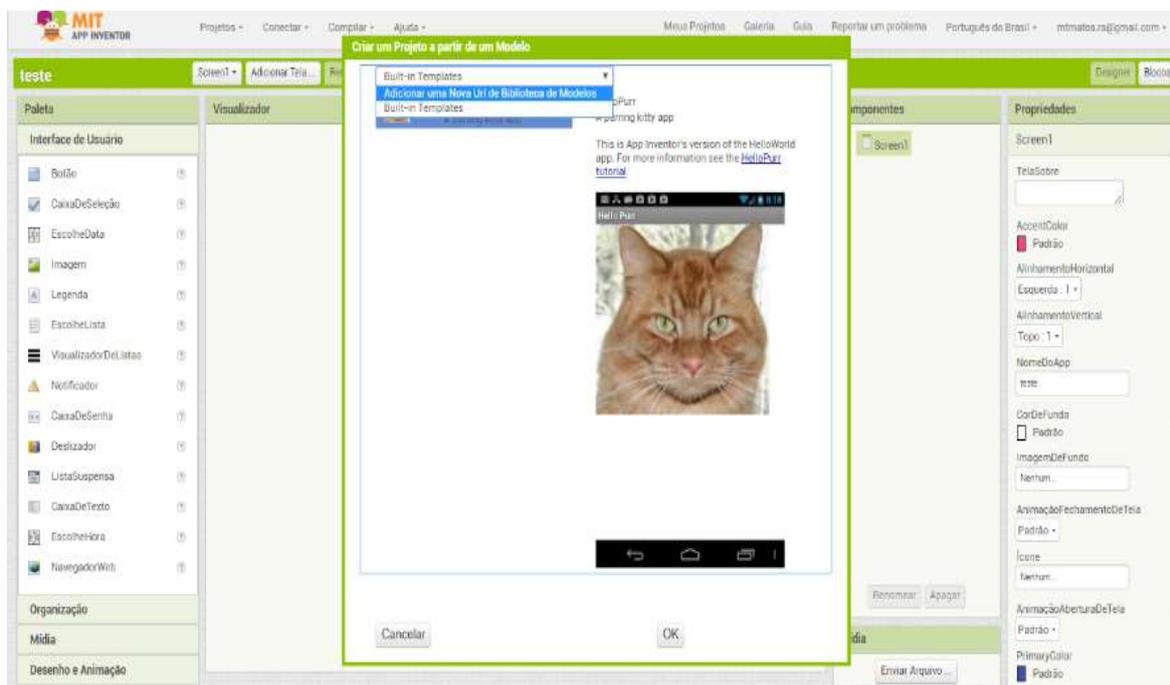
Figura 42 - Aba de importação de projetos.



Fonte: O autor

Neste momento abrirá uma nova janela para criar uma janela a partir de um modelo onde devemos selecionar a opção de adicionar uma nova URL (*Uniform Resource Locator*) na biblioteca de modelos conforme a Figura 43.

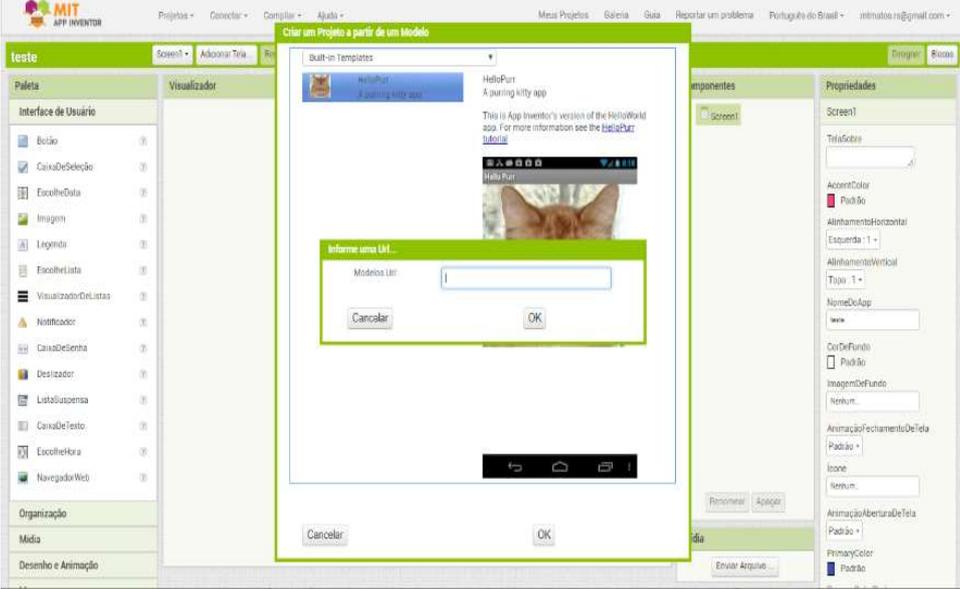
Figura 43 - Janela de adicionar um URL.



Fonte: O autor

Neste momento, insira o endereço (_____) no local indicado na Figura 44 e pressionando a caixa de diálogo: ok.

Figura 44 - Aba de informação do URL.



Fonte: O autor

O MIT APP Inventor importará da biblioteca o arquivo do aplicativo Controle C, conforme a Figura 45 que permitirá gerar o controle remoto do carrinho e se achar necessário mudar algumas informações do *layout* do aplicativo.

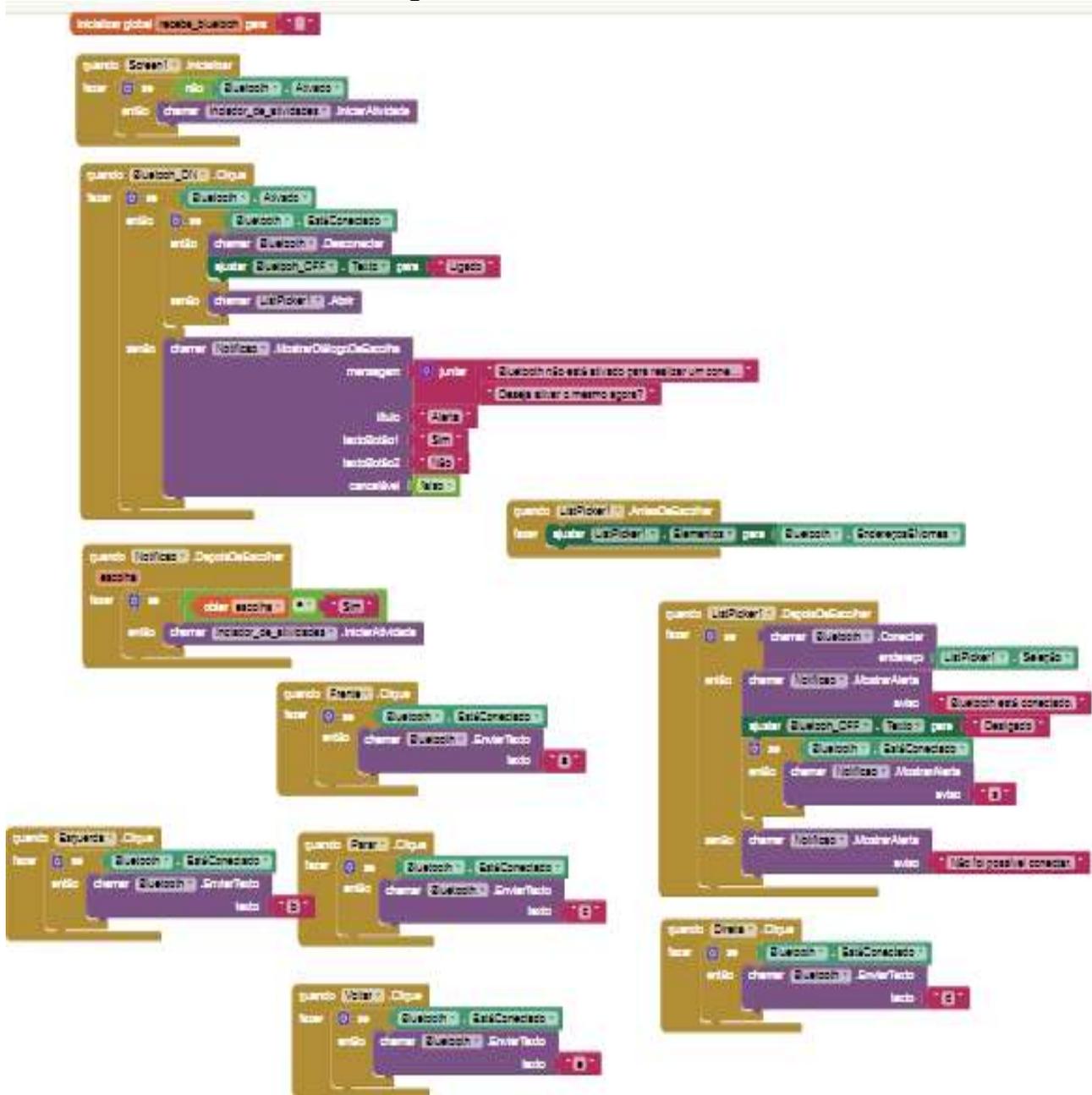
Figura 45 - Tela com o aplicativo importado.



Fonte: O autor

A programação do aplicativo foi realizada por meio da programação de blocos lógicos, onde cada comando de cada tecla é feito separadamente, como mostra a Figura 46.

Figura 46 - Blocos de comando.

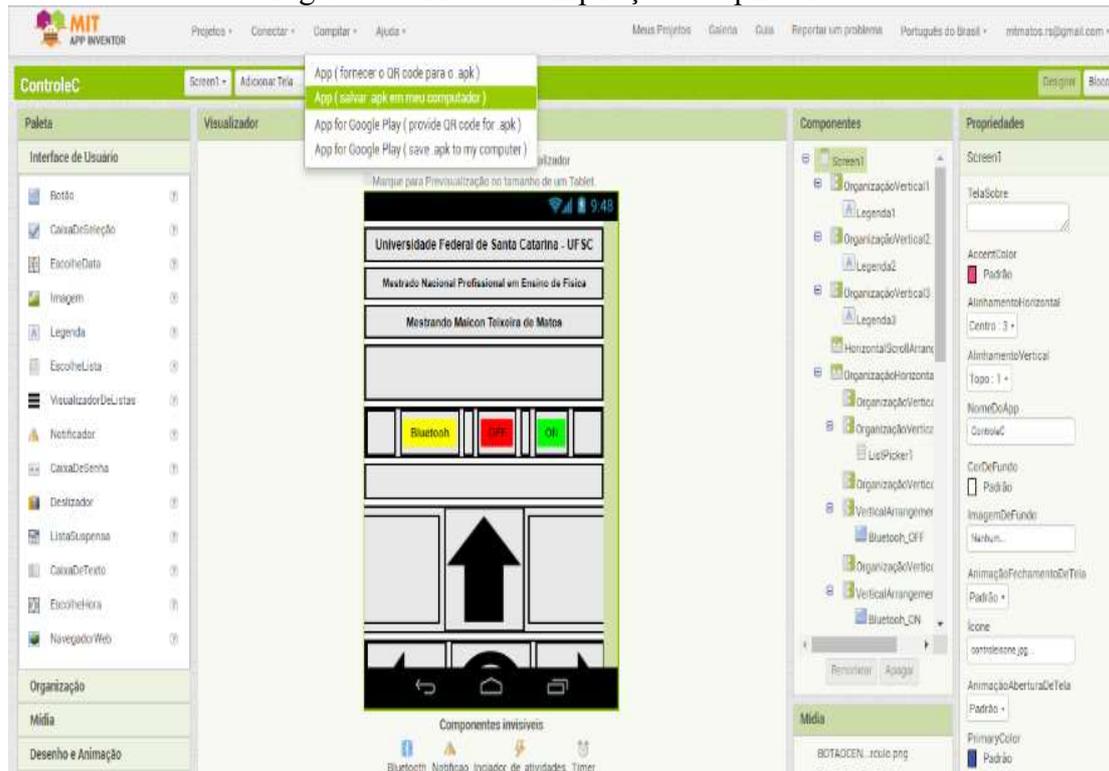


Fonte: O autor

Realizada esta importação, devemos compilar o programa e salvar este no computador para após, através de um cabo USB transmitir este para o celular onde deverá ser executado.

Para compilar o aplicativo devemos clicar em: Compilar → App (salvar.apk em computador), como mostra a Figura 47.

Figura 47 - Aba de compilação do aplicativo.



Fonte: O autor

Com o término da compilação do aplicativo este criará um ícone do executável no local onde foi salvo no computador, conforme a Figura 48.

Figura 48 - Arquivo executável do programa.



ControleC.apk

Fonte: O autor

O executável deve ser enviado para o celular e instalado, assim servindo de controle do carrinho, este envio será realizado com o auxílio de um cabo de dados do celular conectado na porta USB do computador e copiando o aplicativo em uma pasta. Ao término do envio, deveremos executar o aplicativo e instalar no celular o seu *layout*, instalado ficará como na Figura 49.

Figura 49 - Layout do aplicativo instalado.



Fonte: O autor

Uma outra alternativa de obter o aplicativo de controle do carrinho será instalando-o diretamente através da loja da *Play Store*, buscando pelo nome do aplicativo: Controle C, baixando assim diretamente no celular.

Apêndice J - Relatório de atividade**TURMA:****DATA:**

EDUCANDO (A): _____

NOME DA ATIVIDADE:**INTRODUÇÃO:** (Fazer uma breve explicação dos conceitos envolvidos na atividade).**MATERIAL UTILIZADO:** (Listar todos os materiais usados para a montagem da atividade).**OBJETIVO DA ATIVIDADE:** (Descrever qual o objetivo a ser estudado na atividade proposta).

PROCEDIMENTO: (Descrever o passo a passos para a montagem da atividade).

CONCLUSÕES DA ATIVIDADE: (Escrever com as próprias palavras o que aprendemos com a atividade).

ILUSTRAÇÃO DA ATIVIDADE:

Apêndice K - Modelo de relatório força de tração



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONSTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 1 – FORÇA DE TRAÇÃO

- a) O carrinho controlado remotamente será que conseguiu mover a estrutura onde foi ancorado? Por quê?

- b) O fio que estava conectando o carrinho controlado remotamente à estrutura pode vir a se romper? O que poderia ter acontecido? Explique?

- c) Qual seria o peso máximo que o carrinho controlado remotamente poderia rebocar? Explique?

- d) Você conseguiu identificar alguma dessas atividades no seu cotidiano? Se sim, qual? Explique.

- e) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONSTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 2 - POLIA FIXA

- a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?

- b) Existe alguma forma do carrinho controlado remotamente conseguir levantar pesos maiores que este utilizados? Explique.

- c) Qual a função da polia fixa para o movimento de massa? Explique.

- d) Qual a relação entre os deslocamentos do carrinho controlado remotamente e a massa a ser içada?

- e) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.

- f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONSTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 3 - POLIAS MÓVEIS

- a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?

- b) Qual a finalidade das polias presas na parte inferior e superior da estrutura? Explique.

- c) Qual a função da polia móvel para o movimento de massa? Explique

- d) Qual a diferença entre usar a polia fixa e a polia móvel? Explique.

- e) Os valores registrados no visor do da balança digital e massa utilizadas como peso para ser movimentada foram iguais? Por que? Explique?

- f) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique?

- g) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis

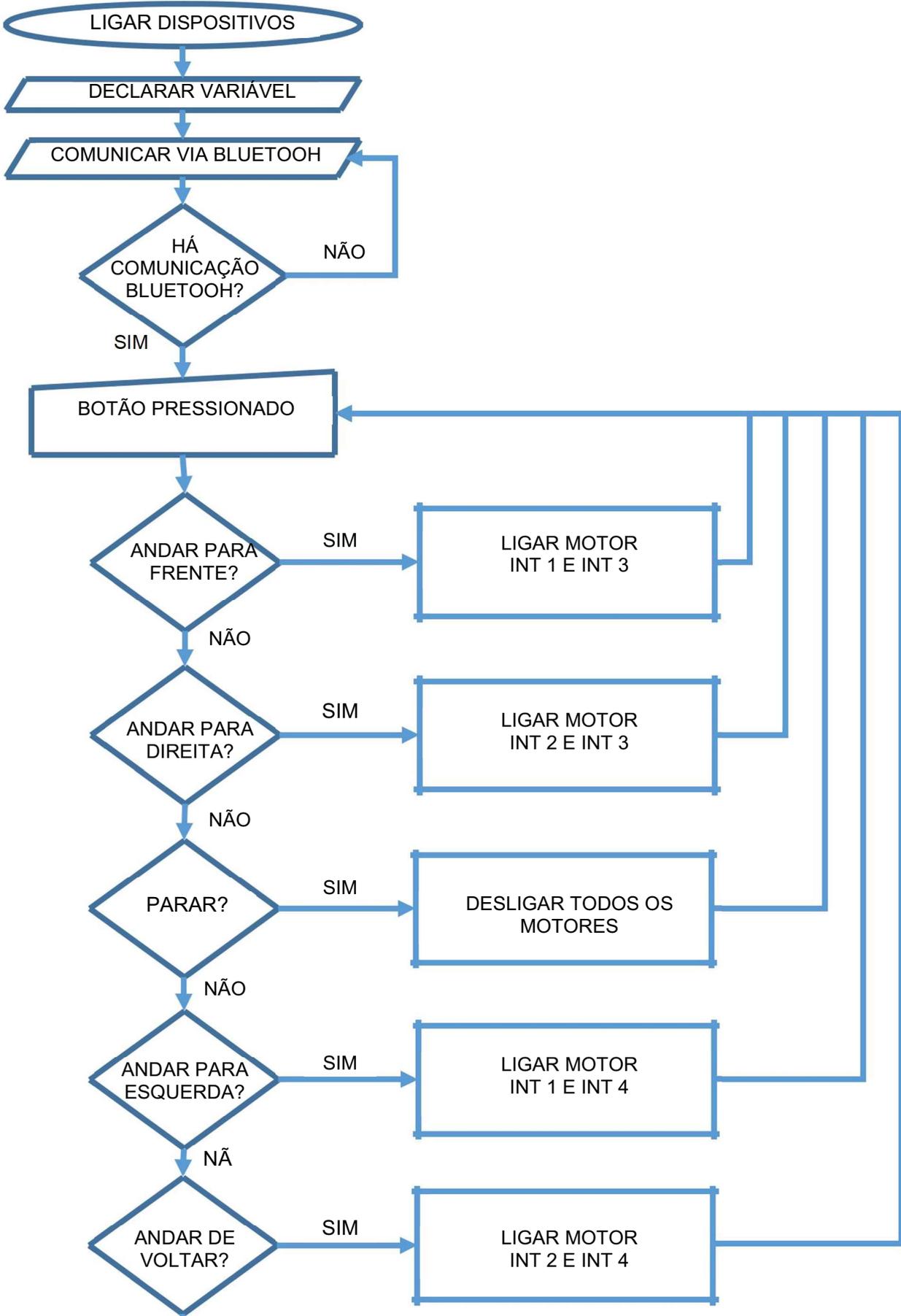


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

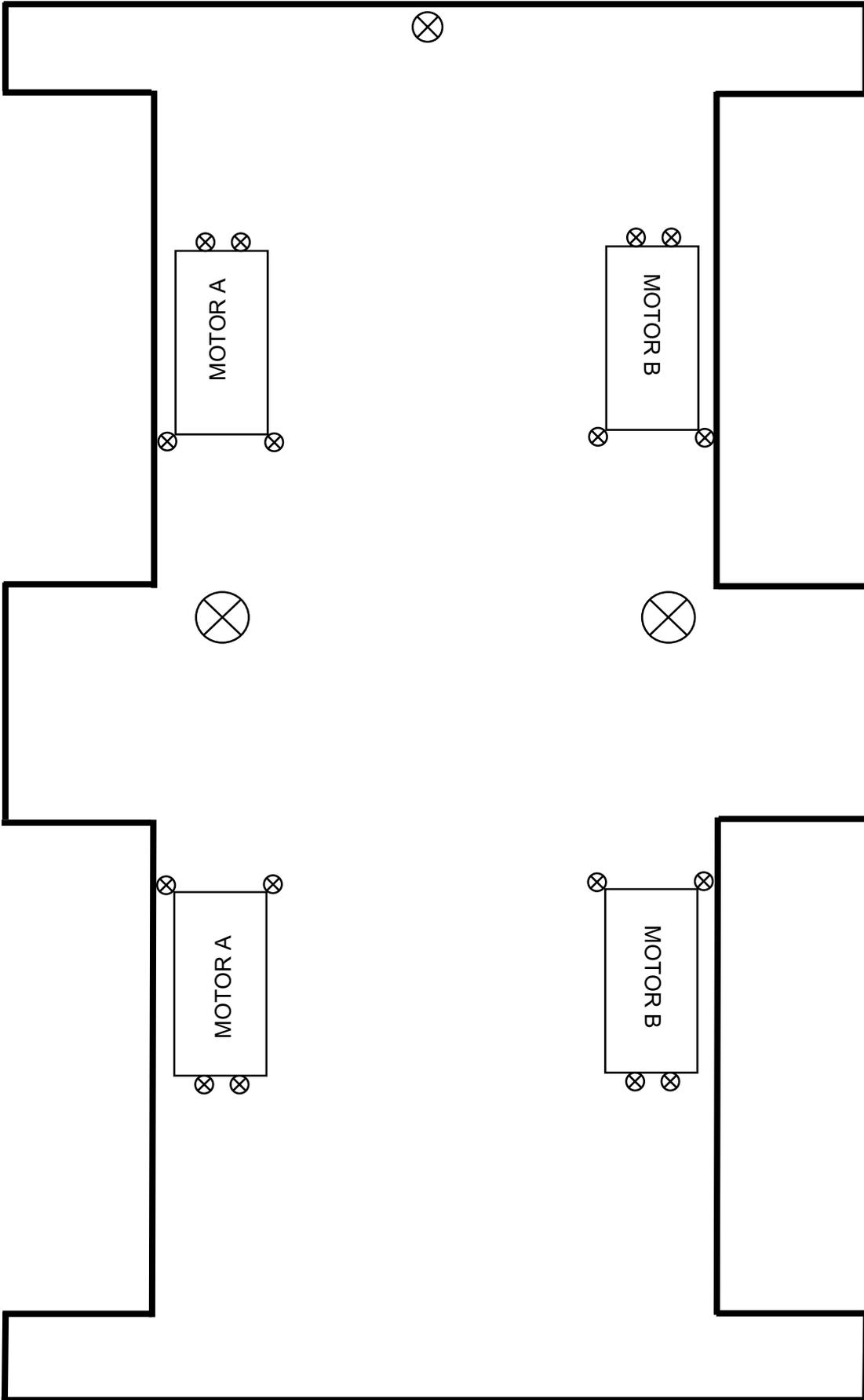
ATIVIDADE 4 - ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS

- a) Qual a função da associação de polias para a realização da movimentação de grandes massas? Explique.
- b) Utilizando o sistema de polias, é possível determinar o peso máximo que o carrinho consegue levantar o peso?
- c) Quantas polias móveis seriam necessárias para o carrinho controlado remotamente conseguir levantar um peso de massa 2 kgf? Demonstre.
- d) O que seria necessário fazer para que o carrinho controlado remotamente mover um peso de 2 kgf com polias fixas? Explique.
- e) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.
- f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice O - Lógica de programação



Apêndice P - Molde da base para corte a laser



Apêndice Q – Produto educacional**MNPEF** Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA – CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE
CARRINHOS DE CONTROLE REMOTO PARA ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE
DINÂMICA – FORÇAS E AS LEIS DE NEWTON.****Guia de Montagem, Utilização e Aplicação**

Araranguá – Santa Catarina

Agosto de 2021.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a):

Este trabalho refere-se às atividades propostas para professores de Física do 1º ano do Ensino Médio aplicar com seus estudantes, assim como apliquei com minhas turmas na Escola de Educação Básica Joaquim Ramos, na cidade de Criciúma – SC. São apresentadas quatro atividades de Dinâmica – Forças e as Leis de Newton, nas quais utilizamos a Robótica Educacional, no intuito de facilitar a aprendizagem significativa dos estudantes. Nessas atividades, cada discente terá a oportunidade de ser ativo na construção de seu próprio conhecimento, tornando-se capaz de opinar sobre as descobertas da Física, além de permitir testar em um equipamento físico, o que foi aprendido na teoria. Preparar o aluno para o trabalho em grupo, respeitando a opinião dos outros; desenvolver a concentração, a disciplina, responsabilidade, persistência e a perseverança; estimular a criatividade, tanto no momento da concepção das ideias, como durante o processo de resolução de problemas, são alguns dos objetivos da utilização da Robótica Educacional como estratégia de ensino. Este Roteiro está associado ao produto educacional desenvolvido juntamente com a Dissertação de Mestrado “ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA – CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE CARRINHOS DE CONTROLE REMOTO PARA ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE DINÂMICA – FORÇAS E AS LEIS DE NEWTON”. de Maicon Teixeira de Matos, pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – polo de Araranguá, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 50 - Recorte do molde da base do carrinho controlado remotamente.....	14
Figura 51 - Base do carrinho controlado remotamente cortada manualmente.	15
Figura 52 - Motores DC com fios soldados.....	15
Figura 53 - Base com a braçadeira plástica para fixação dos motores.	16
Figura 54 - Braçadeira plástica no local de fixação na parte frontal.	16
Figura 55 - Braçadeira plástica no local de retorno.....	17
Figura 56 - Braçadeira de plástico prendendo a parte traseira.....	17
Figura 57 - Braçadeira plástica prendendo a parte traseira nos furos C e D.	17
Figura 58 - Todos os motores fixados nos seus respectivos locais.....	18
Figura 59 - Passagem dos fios para a parte superior da montagem.....	18
Figura 60 - Retirada dos excessos das braçadeiras plásticas.	19
Figura 61 - União dos fios de mesma cor.	19
Figura 62 - Colocação das rodas.....	19
Figura 63 - Kit completo para a montagem.	21
Figura 64 - Fixação dos componentes eletrônicos.....	21
Figura 65 - Fixação dos fios dos motores na ponte H.	22
Figura 66 - Esquema de pinagem da ponte H.....	23
Figura 67 - Esquema de pinagem na placa Arduino.....	23
Figura 68 - Visão geral das conexões da placa Arduino e da ponte H.	24
Figura 69 - Módulo bluetooth pinado na protoboard.....	24
Figura 70 - Pinagem do conector <i>bluetooth</i>	25
Figura 71 - Conexão dos pinos TX e RX na placa Arduino.....	25
Figura 72 - Esquema pinagem do jumper GND e VCC.	26
Figura 73 - Clip de bateria com jumper.....	27
Figura 74 - Esquema de ligação do clip de bateria com a ponte H.	27
Figura 75 - Jumpers da bateria no pino do GND.....	28
Figura 76 - Conexão do pino P4 do clip da bateria ao Arduino.	28

Figura 77 - Vista superior completa da parte mecânica e eletrônica.....	29
Figura 78 - Suporte de papelão para bateria de 9V.	29
Figura 79 - Conclusão da construção do carrinho controlado remotamente.	30
Figura 80 - Carenagem pintada e parcialmente montada.	31
Figura 81 - Carenagem do completamente montada.	31
Figura 82 - Local da colagem dos suportes da carenagem.	32
Figura 83 - Carrinho controlado remotamente finalizado.	32
Figura 84 - Canos com tampões.	35
Figura 85 - Colocação dos tampões nos canos.	35
Figura 86 - Local de fixação do parafuso.	36
Figura 87 - Parafuso rosqueado.	36
Figura 88 - Colocação do suporte da base.	36
Figura 89 - Suportes colocados.....	37
Figura 90 - Tampa do condutele com furo.	37
Figura 91 - Tampa do condutele com furos de fixação.	37
Figura 92 - Fixação das tapas do condutele na base.	38
Figura 93 - Fixação da caixa do condutele na base.	38
Figura 94 - Base com conduletes fixados.	39
Figura 95 - Colocação das buchas de redução nos canos.	39
Figura 96 - Colocação dos adaptadores ao cano.....	40
Figura 97 - Colocação das nípel rosqueável aos adaptadores.....	40
Figura 98 - Colocação dos adaptadores do condutele as nípel rosqueável.....	41
Figura 99 - Colocação do cano a caixa do condutele.	41
Figura 100 - Cano fixo na caixa de condutele.	41
Figura 101 - Local de fixação da roldana fixa da base inferior.	42
Figura 102 - Base inferior concluída.	42
Figura 103 - Colocação do joelho de 90° ao cano.	43
Figura 104 - Local de fixação da roldana fixa da parte superior.	43
Figura 105 - Cano com polias e ganchos rosqueados.....	44

Figura 106 - Parte superior com rolda fixa e gancho de rosqueáveis de ancoragem.....	44
Figura 107 - Numeração dos furos no cano de suporte.	44
Figura 108 - Fixação do cano de suporte ao joelho de 90°.....	45
Figura 109 - Estrutura superior concluída.	45
Figura 110 - Acoplamento da parte superior na inferior.	46
Figura 111 - Interface gráfica do Arduino.	48
Figura 112 - Seleção do modelo do Arduino.....	48
Figura 113 - Selecionando a porta serial do Arduino.	49
Figura 114 - Interface com o nome do programa.	50
Figura 115 - Carregamento do arquivo.....	50
Figura 116 - Led's indicadores RX e TX.....	51
Figura 117 - Status do programa.	51
Figura 118 - Medindo a força de tração.....	53
Figura 119 - Força de tração.....	58
Figura 120 - Visor da balança com a tração do carrinho.....	59
Figura 121 - Movendo o peso com polia fixa.....	61
Figura 122 - Polia simples com uma corda passado pelo sistema de fixação.	62
Figura 123 - Um ponto de apoio e moverei o mundo.....	63
Figura 124 - Mudança do sentido da força em uma roldana fixa.	64
Figura 125 - Força motora e resistência.	65
Figura 126 - Movendo peso com polias móvel.	69
Figura 127 - Forças atuantes na polia fixa.....	71
Figura 128 - Diagrama de corpo livre de uma polia fixa.....	71
Figura 129 – Deslocamento entre o ponto final e inicial da polia fixa.....	73
Figura 130 - Polia móvel.	74
Figura 131 - Forças atuantes na polia móvel paralelas.....	74
Figura 132 - Diagrama de corpo livre polia móvel.....	75
Figura 133 - Deslocamento entre o ponto inicial e final na polia móvel.....	76
Figura 134 - Polia móvel com balança	78

Figura 135 - Movendo peso com associação de polias.....	81
Figura 136 - Sistema de polias móveis.	82
Figura 137 - Divisão das forças na polia 2 da associação de polias.....	83
Figura 138 - Divisão de forças na polia 3 da associação de polias.....	84
Figura 139 - Forças atuantes em cada polia dos sistemas de polias móveis.....	85
Figura 140 - Associação de polia móvel com balança no primeiro pitão.....	87
Figura 141 - Controle com as letras de comando.	100
Figura 142 - Interface gráfica do MIT APP Inventor.	106
Figura 143 - Aba de importação de projetos.	107
Figura 144 - Janela de adicionar um URL.....	107
Figura 145 - Aba de informação do URL.....	108
Figura 146 - Tela com o aplicativo importado.	108
Figura 147 - Blocos de comando.	109
Figura 148 - Aba de compilação do aplicativo.....	110
Figura 149 - Arquivo executável do programa.....	110
Figura 150 - Layout do aplicativo instalado.	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 7 - Esquema de pinagem da ponte H.	23
Tabela 8 - Esquema de pinagem na placa Arduino.	23
Tabela 9 - Pinagem do conector bluetooth.	25
Tabela 10 - Conexão dos pinos TX e RX na placa Arduino.	25
Tabela 11 - Esquema pinagem do jumper GND e VCC.....	26
Tabela 12 - Jumpers da bateria no pino do GND.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. GUIA DE MONTAGEM DO KIT CARRINHO.....	12
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
2.2 OBJETIVOS	12
2.2.1 Objetivo principal.....	12
2.2.2. Objetivo específico	13
3. MANUAL DE MONTAGEM DO CARRINHO.....	13
3.1 MONTAGEM DO CARRINHO	14
3.2 PARTE ESTRUTURAL DO CARRINHO	14
3.2.1 Materiais para a montagem do carrinho.....	14
3.2.2 Materiais para da parte eletrônica.....	20
3.3 COMO MONTAR A PARTE ELETRÔNICA DO CARRINHO.....	21
3.4 MATERIAIS PARA A MONTAGEM DA CARENAGEM DO CARRINHO.....	30
3.5 MONTAGEM DA CARENAGEM DO CARRINHO.....	30
3.6 SOLUÇÕES DE PROBLEMAS	33
4. MANUAL DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DE POLIAS.....	33
4.1. MONTAGEM DA ESTRUTURA DE POLIAS.....	33
4.2. MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS.....	34
4.3. FERRAMENTAS PARA A MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS	34
4.4. PREPARAÇÃO PARA A MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS	34
4.5. COMO MONTAR A PARTE INFERIOR DA ESTRUTURA DE ROLDANAS.....	35
4.6. COMO MONTAR A PARTE SUPERIOR DA ESTRUTURA DE ROLDANAS.....	43
4.7. ACOPLAMENTO DA PARTE INFERIOR E SUPERIOR DA ESTRUTURA.....	46
5. INSTALAÇÃO DO ARDUINO UNO.....	47
5.1 PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO UNO	47
6 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	52
6.1 ATIVIDADE 1: FORÇA TRAÇÃO A.....	53
6.2 ATIVIDADE 2: POLIA FIXA	61

6.3 ATIVIDADE 3: POLIA MÓVEL	69
6.4 ATIVIDADE 4: ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS	81
CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	90
Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho	91
Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho	92
Apêndice C - Molde da superior frontal	93
Apêndice D - Molde da superior trazeira	94
Apêndice E - Molde da base	95
Apêndice F - Programação para o carrinho	96
Apêndice G - Programação para o carrinho comentada	98
Apêndice H- Relatório de atividade	104
Apêndice I – Programação do aplicativo	106
Apêndice J - Relatório de atividade	112
Apêndice K - Modelo de relatório força de tração	114
Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa	115
Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis	116
Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis	117
Apêndice O - Lógica de programação	118
Apêndice P - Molde da base para corte a laser	119

1. INTRODUÇÃO.

O presente manual tem como objetivo orientar e ser uma ferramenta de ensino/aprendizagem fundamentada na teoria construtivista de Vygotsky, sobre o uso da Robótica Educacional na como ferramenta pedagógica de ensino-aprendizagem na área de Física, mais especificamente nas áreas de Dinâmica – Forças e as Leis de Newton, onde os atores envolvidos serão ativos na construção do seu conhecimentos e poderão sob orientação do educador e realizar a execução deste projeto de montagem do carrinho a controle remoto que será controlado através de uma aplicativo de celular, desenvolvidos especificamente para esta finalidade.

A fundamentação teoria que se alicerçou este trabalho, buscar poder ajudar os educando as trabalharem em equipes, respeitando a opinião dos outros colegas que compõem a equipe; desenvolvendo a concentração através da montagem, a disciplina, responsabilidade, persistência e a perseverança; estimulando a criatividade, tanto no momento da concepção das ideias, como durante o processo de resolução de problemas, são alguns dos objetivos da utilização da Robótica Educacional como estratégia de ensino.

O processo de montagem do carrinho acontecerá com a distribuição dos kits de montagem, o MANUAL DE MONTAGEM DO CARRINHO, os molde da base Apêndice E - Molde da base e as folhas impressas da carenagem do carrinho Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho,

Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho, Apêndice C - Molde da superior frontal e Apêndice D - Molde da superior trazeira e o guia de montagem, à cada equipe, orientando sobre os devidos cuidados com o manuseio dos itens que compõem o kit de montagem do carrinho controlado remotamente.

Ao professor apresento quatro atividades descritas em suas respectivas sequências didática possível para o uso deste experimento no 1º Ano do Ensino Médio, mas cabe salientar que o professor tem total liberdade de criar outras possibilidades para exploração na utilização do carrinho de controle controlado remotamente em suas aulas, bem como modificar as que estão elaboradas para adaptar a sua realidade, necessidade ou limitações, seja esta, técnica ou estruturais de seu ambiente escolar onde está inserido.

Para cada etapa nesta sequência didática, onde abordaremos o tema dinâmica – Forças e as Leis de Newton e será distribuída no total de 15 horas/aulas e distribuída em 8 encontros e distribuídas da seguinte forma:

Preparação:

- Apresentação da problematização
- Montagem dos grupos de trabalho.
- Montagem da carenagem do carrinho.
- Montagem da parte eletrônica e testes.

Execução:

- Atividade 1 com tema de força tração.
- Atividade 2 com o tema polia fixa.
- Atividade 3 com o tema polia móvel.
- Atividade 4 como tema associação de polias.

Finalização:

- Fechamento da atividade

De todas as sequencias didáticas elaboradas, no entanto, este número pode variar em outras turmas, pois outros fatores podem influenciar na execução e elaboração deste trabalho que não estavam previstas anteriormente.

2. GUIA DE MONTAGEM DO KIT CARRINHO

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente produto educacional faz parte do trabalho de dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, polo de Araranguá e busca por meio da construção do aparato experimental com o carrinho controlado remotamente, uma proposta de ensino de física, mais especificamente Dinâmica – Forças e Leis de Newton nos primeiros anos do Ensino Médio, com base do conteúdo programático definido pela legislação vigente no período de elaboração desta dissertação.

Acredito que nem todos os professores possuem conhecimento prévio sobre a montagem, funcionamento e programação em Arduino, para tanto buscando encorajar nesta caminhada do uso da Robótica Educacional em sala de aula, procurou-se montar um manual ilustrado e explicativa todas as etapas de montagem do carrinho.

Buscando transpor a dificuldade encontrada e com a preocupação de detalhar de forma clara e objetiva todo o passo a passo da montagem, procurando sempre a maneira mais fácil, claro, acessível e objetiva possível a qualquer professor de física, alertando sempre para os possíveis equívocos na sua construção.

Com intuito de ajudar a quem desejar caminhar por esta área possa seguir concluir a montagem em sala de aula com seus alunos e assim podendo proporcionar a primeira inserção no mundo da Robótica Educacional, de maneira exitosa e podendo aproveitar todo o potencial educacional que este material pode oferecer.

2.2. OBJETIVO

Construção de um carrinho controlado remotamente, através de um aplicativo de celular.

2.2.1. Objetivo principal

Desenvolver um sistema de polias fixa e móveis e um carrinho controlado remotamente, fazendo o uso de um aplicativo no celular desenvolvido para esta finalidade e utilizando o protocolo de comunicação *bluetooth*, que consiga rebocar pesos com diferentes massas.

2.2.2. Objetivo específico

- Montar o hardware de um carrinho de controle remoto;
- Desenvolver a comunicação e controle do carrinho via aplicativo de celular;
- Construir uma estrutura para associação de polias;
- Elaborar sequência didática;
- Aplicar o produto educacional em ambiente escolar;
- Realizar a análise crítica sobre a aplicação;

3. MANUAL DE MONTAGEM DO CARRINHO

O objetivo da elaboração deste manual é auxiliar na sistematização das etapas a serem seguidas na montagem do carrinho controlado remotamente, é pertinente ressaltar que, o professor pode optar por iniciar a atividade em duas etapas distintas com sua turma, no entanto deverá seguir todos os passos descritos neste manual.

Iniciando a montagem desde a primeira etapa, é importante ressaltar a necessidade da utilização de ferramentas potencialmente perigosas e de difícil manipulação no ambiente escolar, tornado um trabalho dispendioso aos alunos e pouco produtivo ao objetivo que proponho neste manual de montagem.

A alternativa mais viável seria iniciar a montagem à partir da quarta etapa, no entanto, o professor deverá providenciar previamente o recorte da base do carrinho, este recorte pode ser feito em um local onde realize este trabalho de corte a laser, assim sendo, será necessário disponibilizar o molde Apêndice P - Molde da base para corte a laser para empresa que execute este trabalho.

De qualquer modo, a descrição das etapas realizadas neste manual terá início desde à primeira etapa, pois existe a possibilidade de professores ou alunos que tenham facilidade ou acesso a outros tipos de materiais, ferramentas ou tecnologias diferentes que a utilizada neste projeto e desejem realizar a construção deste carrinho de iniciar o processo de montagem a partir da primeira etapa.

Atenção: As cores dos jumpers utilizados na descrição das etapas de montagem têm fins didáticos e organizacional, tendo puramente o intuito de facilitar o processo de montagem do carrinho, podendo ser trocadas por outras sem que interfiram no produto final.

3.1. MONTAGEM DO CARRINHO

A montagem do carrinho controlado remotamente é realizada em três etapas. A primeira etapa da parte estrutural do carrinho a segunda etapa a eletrônica do carrinho e a terceira etapa da carenagem, para a realização destas etapas são necessários os seguintes materiais:

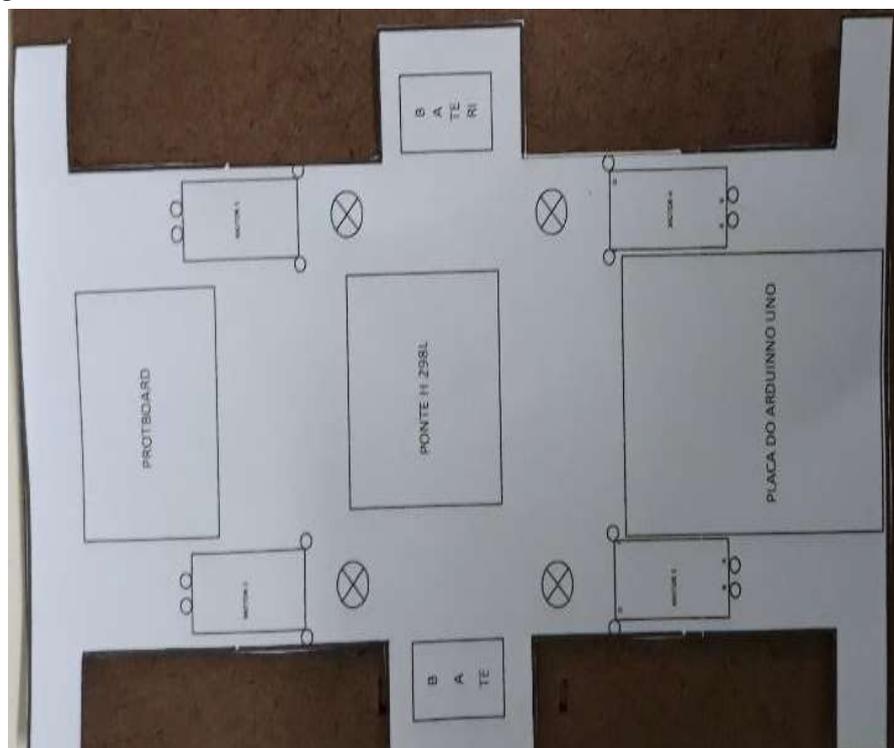
3.2. PARTE ESTRUTURAL DO CARRINHO

3.2.1. Materiais para a montagem do carrinho

AS 1º E 2º ETAPAS SOMETE SERÃO REALIZADAS SE O CORTE DA BASE DE EUCATEX FOR REALIZADO PELOS ESTUDANTES.

1º Etapa: Fixe o modelo recortado na base de Eucatex e faça as marcações nos locais indicados. (Os locais dos furos da base são indicados com um x no seu interior e o contorno do carrinho onde deve ser recortado com um traço contínuo.

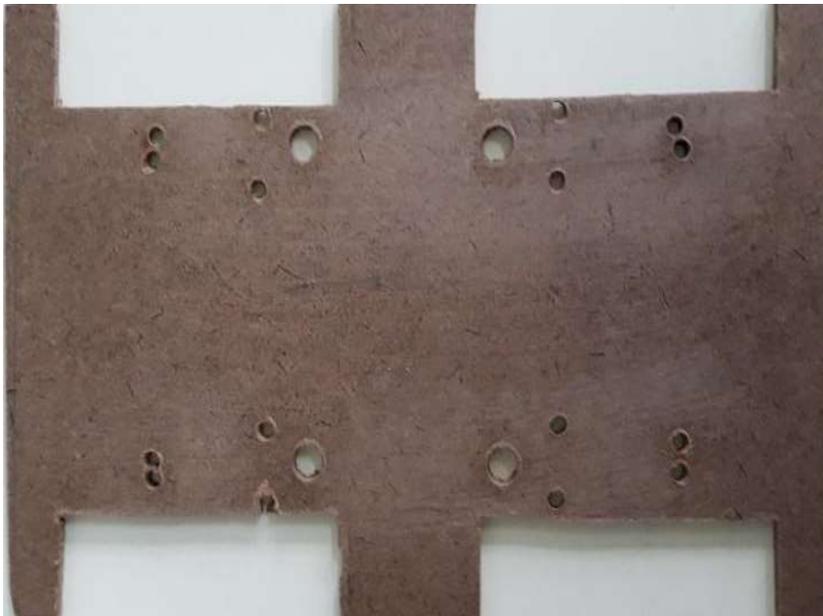
Figura 50 - Recorte do molde da base do carrinho controlado remotamente.



Fonte: O autor

2º Etapa: Realize o recorte da base de Eucatex e os todos os furos, utilizando para esta tarefa os equipamentos necessários.

Figura 51 - Base do carrinho controlado remotamente cortada manualmente.



Fonte: O autor

3º Etapa: Usando um soldador e estanho, solde dois fios de cores preta e vermelha nos pinos dos motores DC, vale ressaltar que os motores DC utilizados nesta montagem tinha uma marcação no corpo do motor, sendo colocado a mesma cor de fio ao lado desta marcação.

Figura 52 - Motores DC com fios soldados.

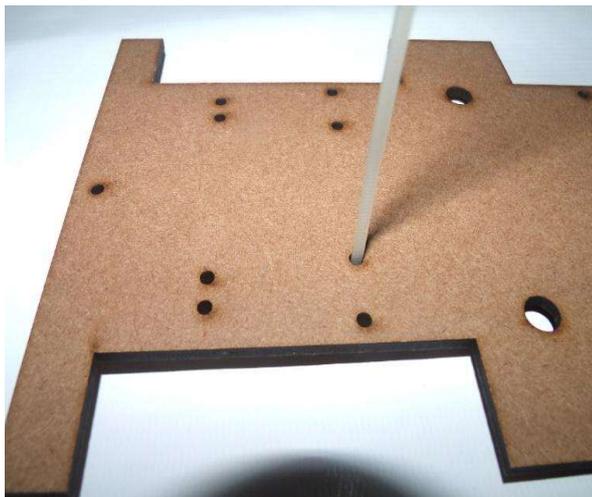


Fonte: O autor

Observação: Com o término da soldagem foi revestido o local da solda com fita isolante para dar mais firmeza no manuseio dos fios, diminuindo assim o risco de quebra do pino onde foi realizado a solda.

4º Etapa: Coloque a braçadeira transpassando pelo furo A da base de Eucatex.

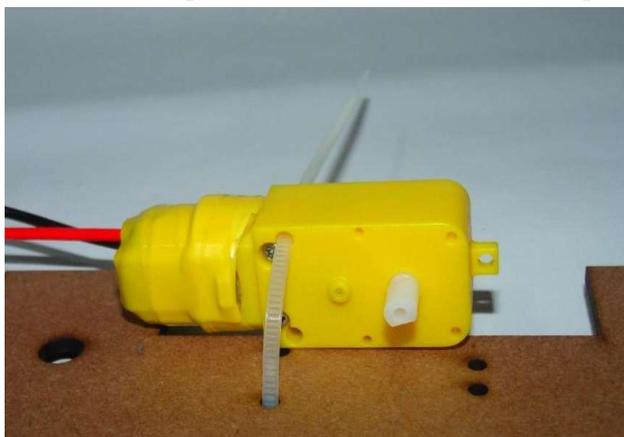
Figura 53 - Base com a braçadeira plástica para fixação dos motores.



Fonte: O autor

5º Etapa: Coloque o motor com a caixa de redução no local indicado no esquema do molde da base, conforme o Apêndice E - Molde da base, passando a braçadeira de plástico pelo furo da frente da caixa do motor de redução, na parte mais distante da base até sair do outro lado.

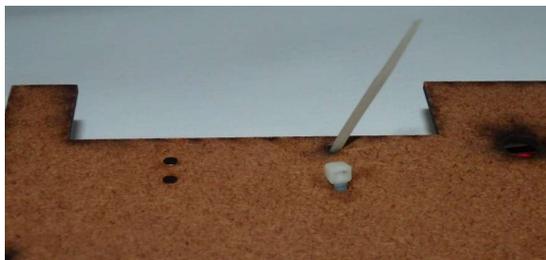
Figura 54 - Braçadeira plástica no local de fixação na parte frontal.



Fonte: O autor

6º Etapa: Retorne a braçadeira pelo furo B na base, passando a braçadeira pela ponta do olhal onde deve ser presa e tensionado de modo que o motor com a caixa de redução não apresente folga com a base de Eucatex.

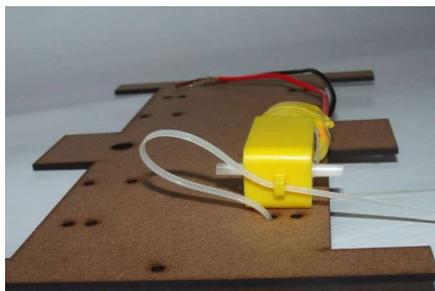
Figura 55 - Braçadeira plástica no local de retorno.



Fonte: O autor

7º Etapa: Coloque a braçadeira transpassando pelo furo C da base de Eucatex e logo em seguida passe-a pelo olhal da caixa de redução do motor na parte traseira até sair do outro lado.

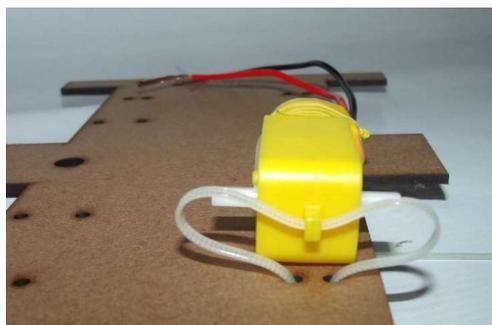
Figura 56 - Braçadeira de plástico prendendo a parte traseira.



Fonte: O autor

8º Etapa: Retornando a braçadeira pelo furo D na base, passando a braçadeira pela ponta do olhal onde deve ser presa e tensionado de modo que o motor com a caixa de redução não apresente folga com a base de Eucatex.

Figura 57 - Braçadeira plástica prendendo a parte traseira nos furos C e D.

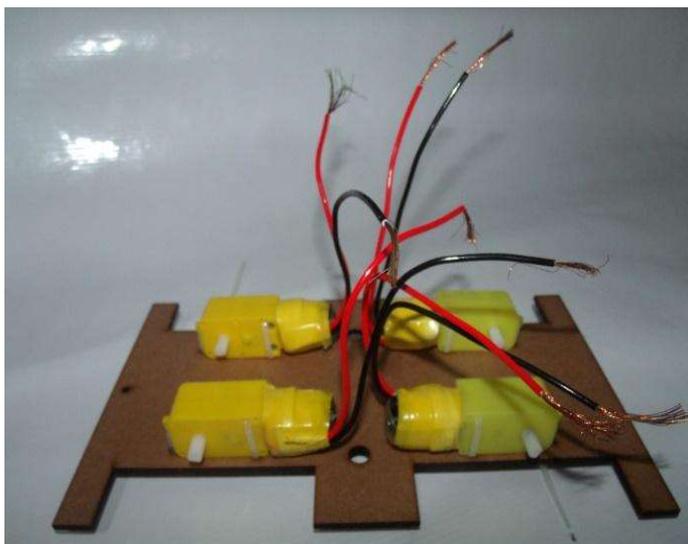


Fonte: O autor

Observação: Cuidado para não tencionar muito forte, pois pode quebrar o pino de fixação da caixa de redução.

9º Etapa: Repita este processo descritos na 9º etapa até 12º etapa de modo que todos os motores com as caixas de redução fixados na base de Eucatex.

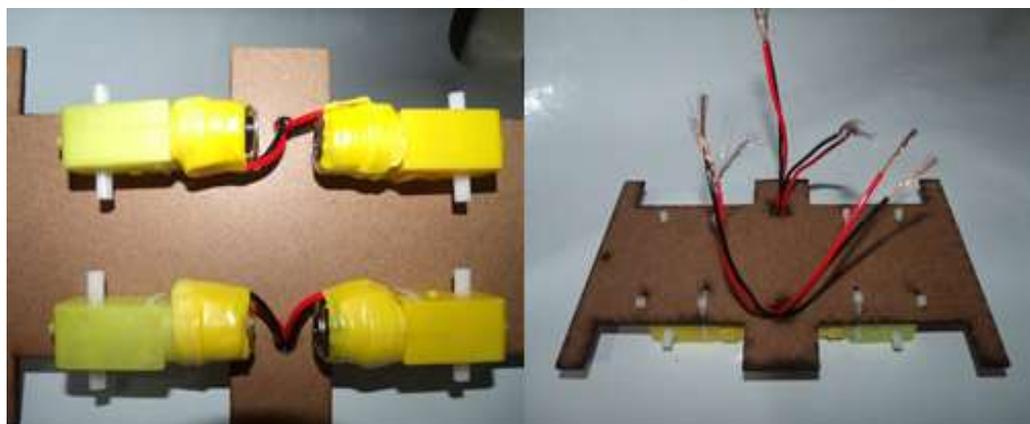
Figura 58 - Todos os motores fixados nos seus respectivos locais.



Fonte: O autor

10º Etapa: Passar todos os fios dos motores para a parte superior da base do carrinho controlado remotamente pelos furos que se encontram entre os motores de cada lado da montagem.

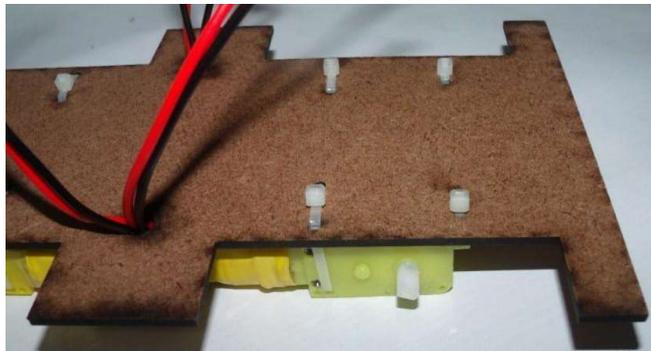
Figura 59 - Passagem dos fios para a parte superior da montagem.



Fonte: O autor

11º Etapa: Retirar o excesso da braçadeira plástica que fixa os motores com as caixas de redução com o auxílio de uma tesoura.

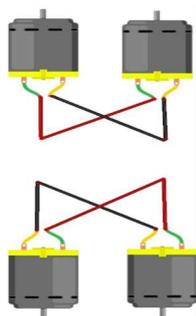
Figura 60 - Retirada dos excessos das braçadeiras plásticas.



Fonte: O autor

12º Etapa: Prenda os fios de mesma cor dos motores de cada lado da montagem do carrinho.

Figura 61 - União dos fios de mesma cor.



Fonte: O autor

13º Etapa: Encaixe todas as rodas nos motores com as caixas na redução.

Figura 62 - Colocação das rodas.



Fonte: O autor

3.2.2. Materiais para montagem da parte eletrônica

- 2 Baterias 9V;
- 8 Braçadeiras plásticas;
- 1 Clip de bateria com entrada P4;
- Cópia do Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho;
- Cópia do

Apêndice B - Molde da lateral direita do **carrinho**;

- Cópia do Apêndice C - Molde da superior frontal;
- Cópia do Apêndice D - Molde da superior trazeira;
- 1 Chave de fenda Philips pequena;
- 1 Clip de bateria;
- 4 Caixas de redução com motores acoplados;
- 6 Jumpers macho/fêmea;
- 5 Jumpers macho/macho;
- 1 Módulo bluetooth hc-06;
- 1 Módulo drive ponte H – L298H;
- Placa de MDF;
- 1 Placa de mini protoboard com 170 furos;
- 1 Placa de Arduino UNO;
- 4 Rodas.

Figura 63 - Kit completo para a montagem.

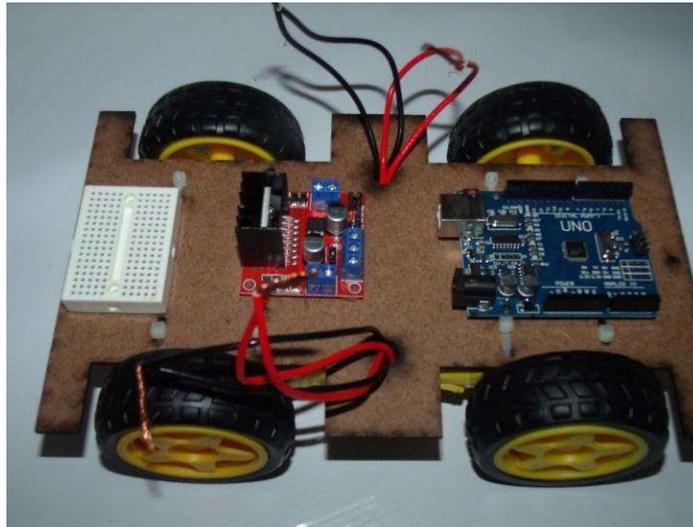


Fonte: O autor

3.3. COMO MONTAR A PARTE ELETRÔNICA DO CARRINHO

1º Etapa: Utilizando uma pistola de cola quente, fixe nos locais indicado no molde da na base a ponte H L298n, mini protoboard e a placa de Arduino.

Figura 64 - Fixação dos componentes eletrônicos.

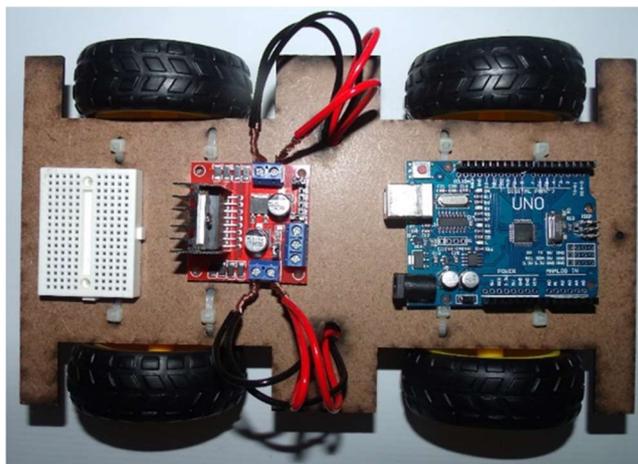


Fonte: O autor

2º Etapa: Prenda os fios na ponte H L298n no local indicado (output_A ou output_B) em ambos os lados.

Atenção: Não é necessário a retirada total do parafuso para a fixação do na ponte H.

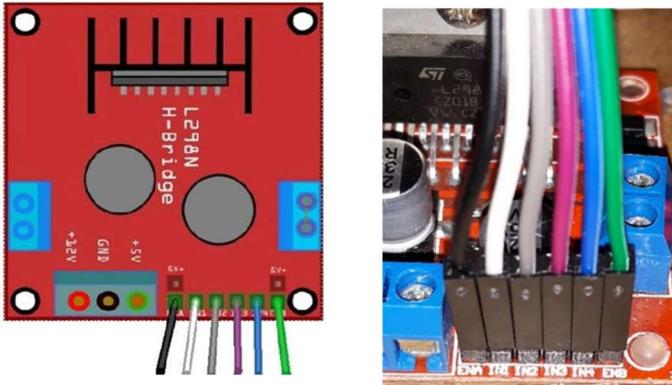
Figura 65 - Fixação dos fios dos motores na ponte H.



Fonte: O autor

3º Etapa: Utilizando os seis jumpers macho/fêmea faça as conexões na ponte L298n com o lado fêmea do cabo.

Figura 66 - Esquema de pinagem da ponte H.



Fonte: O autor

Esquema de pinagem

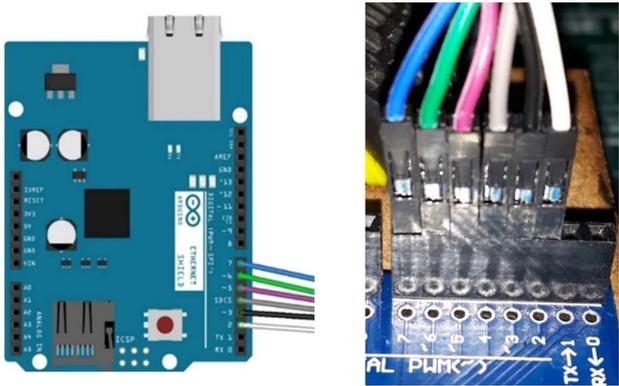
Atenção com as cores dos jumpers que está sendo usada na sua montagem, as cores descritas aqui servem somente para guiar a montagem.

Tabela 7 - Esquema de pinagem da ponte H.

Cores	Preto	Branco	Cinza	Rosa	Azul	Verde
Pinos	ENA	IN1	IN2	IN3	INT4	ENB

4º Etapa: Com a ponta macho dos jumpers faça as conexões nos pinos indicados na placa do Arduino.

Figura 67 - Esquema de pinagem na placa Arduino.



Fonte: O autor

Esquema de pinagem

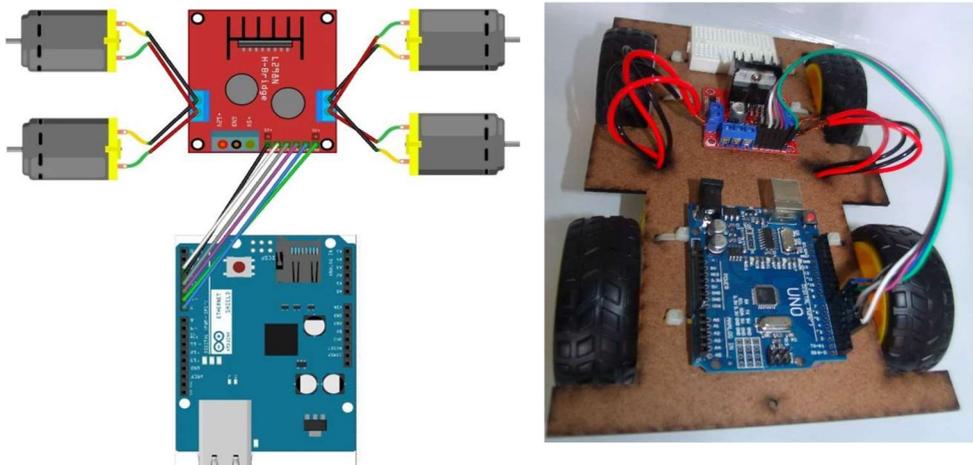
Tabela 8 - Esquema de pinagem na placa Arduino.

DIGITAL PWN

Cores	Azul	Verde	Rosa	Cinza	Preto	Branco
PINOS	ENA	IN1	IN2	IN3	IN4	ENB
	7	~6	~5	4	~3	2

5º Etapa: Com o término das conexões os jumpers ficarão dispostos desta forma na base do carrinho controlado remotamente.

Figura 68 - Visão geral das conexões da placa Arduino e da ponte H.



Fonte: O autor

6º Etapa: Conecte o módulo bluetooth HC - 06 em qualquer local da mini protoboard.

Figura 69 - Módulo bluetooth pinado na protoboard.

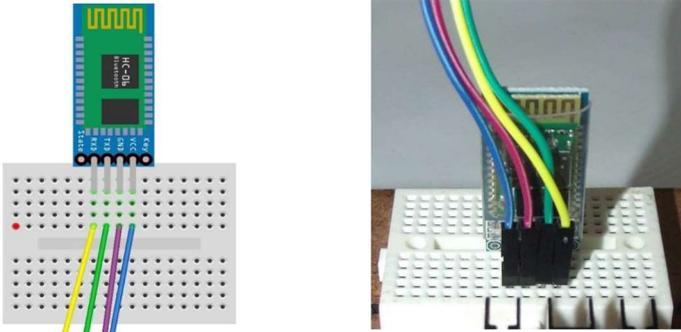


Fonte: O autor

Atenção: As linhas vermelhas representam as ligações internas da protoboard, ou seja, internamente elas já estão interligadas, devemos colocar o módulo *bluetooth* de maneira que cada pino esteja ligado em uma destas linhas, não importando o local na protoboard.

7º Etapa: Utilizando os quatro jumpers macho/macho faça as conexões do módulo *bluetooth*, utilizando as conexões da protoboard onde o módulo foi pinado.

Figura 70 - Pinagem do conector *bluetooth*.



Fonte: O autor

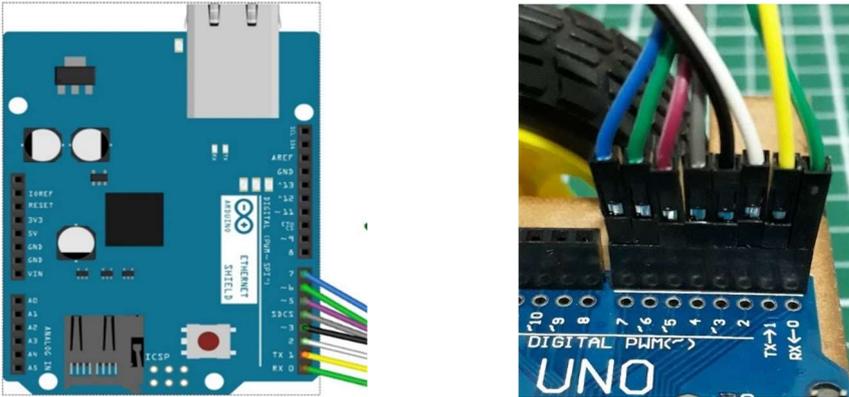
Esquema de pinagem

Tabela 9 - Pinagem do conector bluetooth.

Cores	Azul	Rosa	Verde	Amarelo
Pinos	+5V	GND	TX	RX

8º Etapa: Realizando as conexões dos jumpers no pino RX e TX do módulo *bluetooth* na placa Arduino (Atenção coma as cores dos jumpers dos pinos RX e TX).

Figura 71 - Conexão dos pinos TX e RX na placa Arduino.



Fonte: O autor

Esquema de pinagem

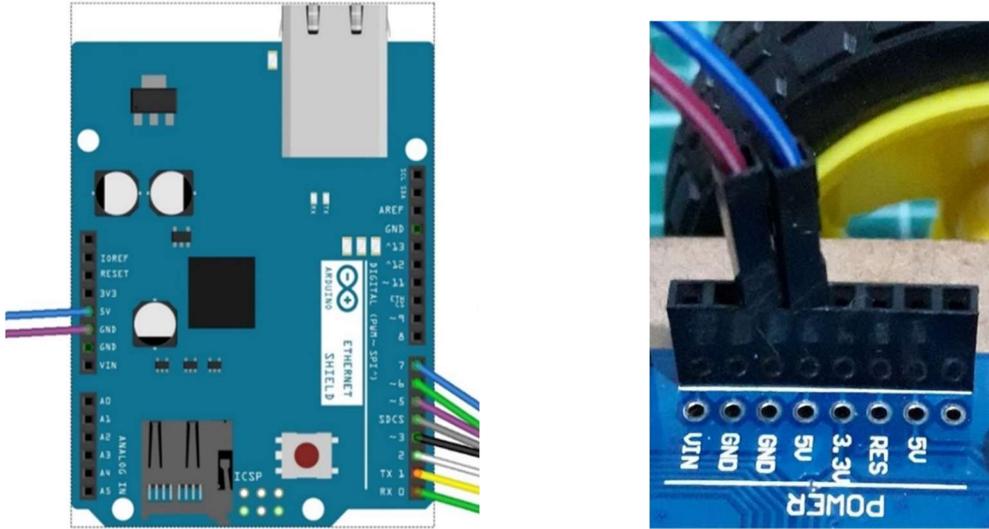
Tabela 10 - Conexão dos pinos TX e RX na placa Arduino.

DIGITAL PWN

Cores	Azul	Verde	Rosa	Cinza	Preto	Branco	Amarelo	Verde
Pinos	Estes pinos já estão colocados.						RX	TX
Pinos	7	~6	~5	4	~3	2	TX	RX
Os pinos devem ser ligados invertidos.								

9º Etapa: Realizando as conexões dos jumpers nos pinos GND e VCC (Power) do módulo *bluetooth* na placa Arduino.

Figura 72 - Esquema pinagem do jumper GND e VCC.



Fonte: O autor

Esquema de pinagem

Tabela 11 - Esquema pinagem do jumper GND e VCC.

POWER		
Cores	Azul	Rosa
Pinos	GND	5v

Observação: Existe outros locais que os pinos dos jumpers GND e VCC podem serem plugados na placa Arduino, desde que seja respeitado as funções das portas de entrada descritas na placa este podem receber estas ligações.

10º Etapa: Unir o fio de energia preto do clip da bateria com um jumper macho / macho.

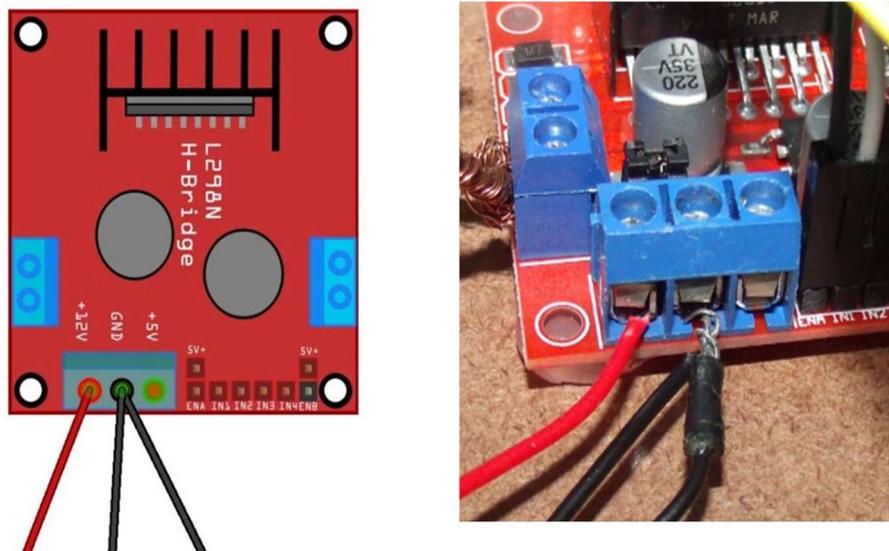
Figura 73 - Clip de bateria com jumper.



Fonte: O autor

11º Etapa: Realizando as conexões da bateria na ponte H L298N, o fio preto do clip de bateria que está unido ao jumper deve ser ligado a porta GND e o fio vermelho deve ser ligado na entrada +12V., ambas na ponte H.

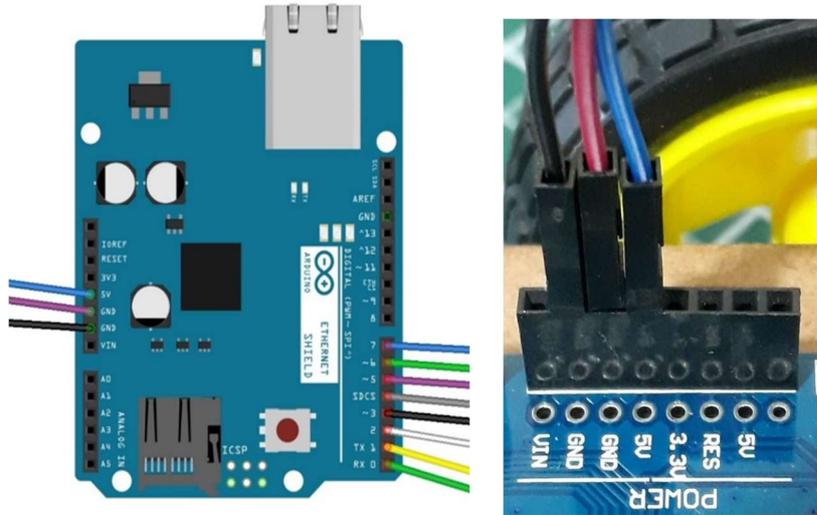
Figura 74 - Esquema de ligação do clip de bateria com a ponte H.



Fonte: O autor

12º Etapa: A outra ponta do jumper macho / macho que foi ligada na ponte H deve ser plugado na porta GND na placa Arduino.

Figura 75 - Jumpers da bateria no pino do GND.



Fonte: O autor

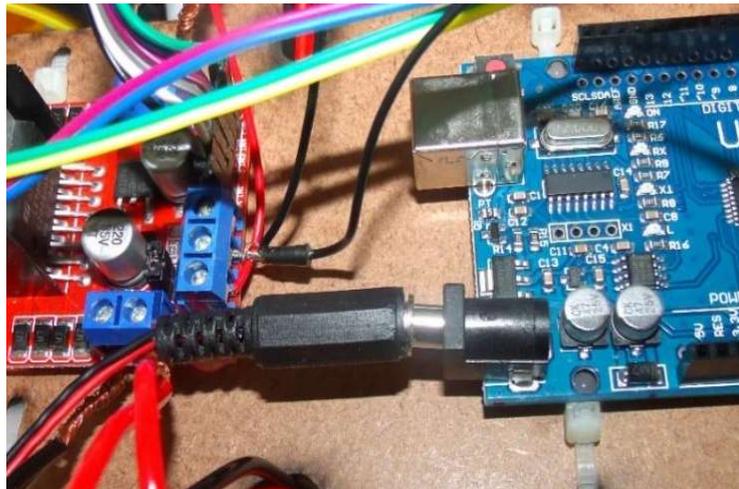
Esquema de pinagem

Tabela 12 - Jumpers da bateria no pino do GND.

POWER			
Cores	Preto	Rosa	Azul
Pinos	GND	GND	5v

13º Etapa: Conectar o clip P4 na entrada da placa de Arduino.

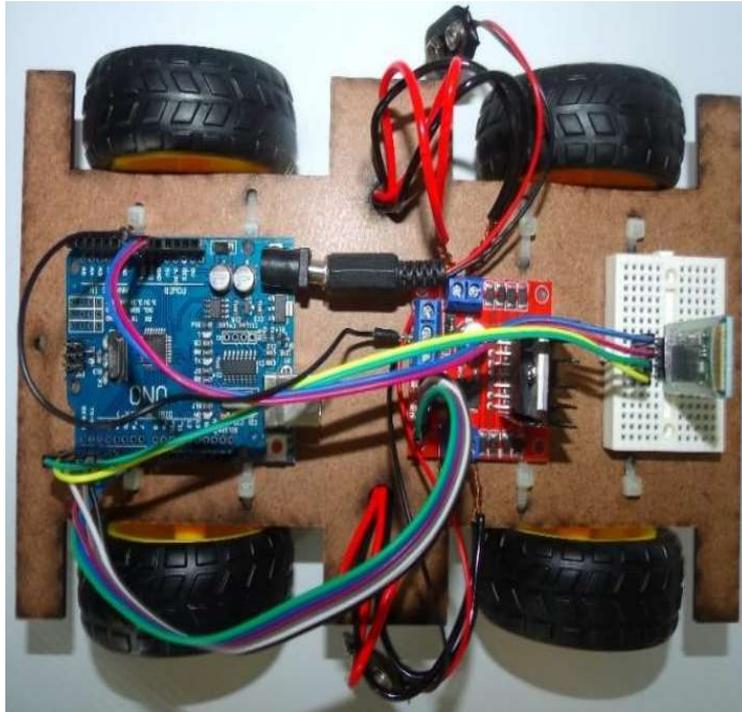
Figura 76 - Conexão do pino P4 do clip da bateria ao Arduino.



Fonte: O autor

14º Etapa: Imagem da pinagem completa de todas as ligações mecânica e eletrônica do carrinho controlado remotamente.

Figura 77 - Vista superior completa da parte mecânica e eletrônica.



Fonte: O autor

15º Etapa: Faça um suporte com papelão para colocar as baterias de 9V.

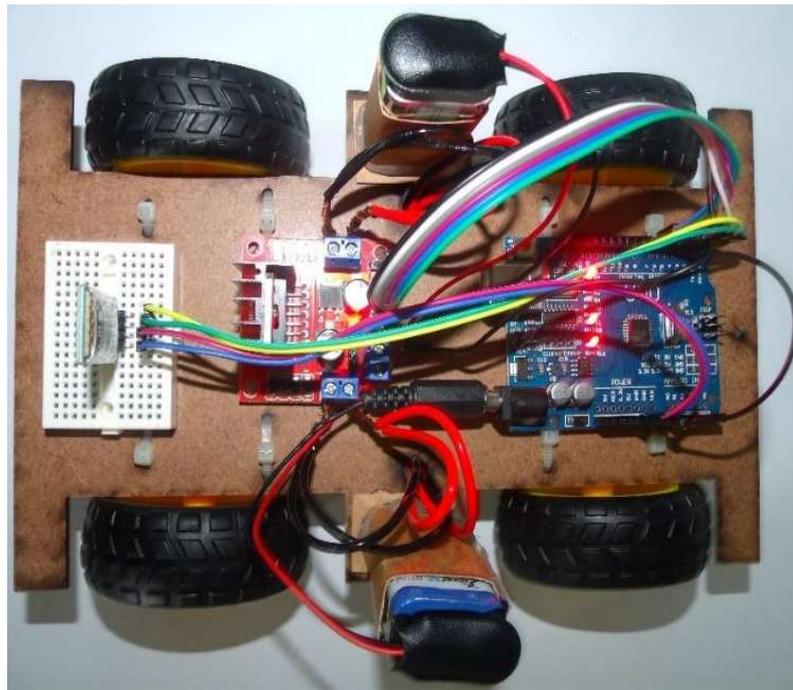
Figura 78 - Suporte de papelão para bateria de 9V.



Fonte: O autor

16º Etapa: Fixar os suportes de baterias nos locais indicados no modelo da base, inserindo as baterias e conectando as baterias de 9V plugadas nos seus clips.

Figura 79 - Conclusão da construção do carrinho controlado remotamente.



Fonte: O autor

3.4. MATERIAIS PARA A MONTAGEM DA CARENAGEM DO CARRINHO

A montagem da carenagem do carrinho remotamente requer os seguintes materiais:

- Cola branca;
- Chave Philips;
- Canudos de suco;
- Pistola de cola quente;
- Tesoura;

3.5. MONTAGEM DA CARENAGEM DO CARRINHO

1º Etapa: Imprima e recorte conforme as instruções indicadas nos modelos da carenagem do carrinho controlado remotamente disponível nos Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho

Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho Apêndice C - Molde da superior frontal e Apêndice D - Molde da superior trazeira.

2º Etapa: Cada grupo deverá recortar, pintar e montar carenagem do carrinho controlado remotamente disponibilizado ao grupo.

Figura 80 - Carenagem pintada e parcialmente montada.



Fonte: O autor

3º Etapa: Com o término da carenagem do carrinho controlado remotamente montada ficará desta maneira:

Figura 81 - Carenagem do completamente montada.

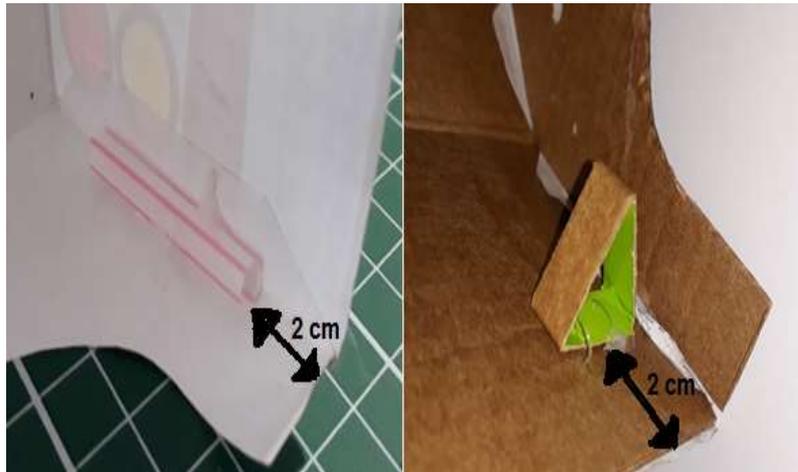


Fonte: O autor

Observação: Se os grupos acharem necessário, podem ser reforçar o revestimento interno da carenagem com papelão duro para dar maior firmeza e estabilidade a estrutura.

4º Etapa: Colar os pedaços de canudo ou papelão de aproximadamente 2 cm pela parte interna da carenagem para ser utilizada como suporte, evitando assim que carenagem do carrinho controlado remotamente toque nas rodas.

Figura 82 - Local da colagem dos suportes da carenagem.



Fonte: O autor

5º Etapa: Coloque a carenagem sobre a base do carrinho controlado remotamente concluindo a montagem.

Figura 83 - Carrinho controlado remotamente finalizado.



Fonte: O autor

3.6. SOLUÇÕES DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSA	SOLUÇÃO
Carrinho não acende as luzes nas placas.	Bateria descarregada	Colocar as baterias a recarregar
Rodas andas para lados contrários.	Conexões trocadas	Desfazer as conexões dos motores com a ponte H, invertendo as combinações dos fios
Carrinho não responde aos comandos.	Alguma conexão errada ou mal feita	Verificar todas as conexões do projeto.
Controle não reconhece o dispositivo <i>bluetooth</i> .	Conexão com o celular	Excluir o pareamento realizado e reconectar o dispositivo.
		Pedido de senha pelo dispositivo. 0000 ou 1234
Carrinho com os comandos trocadas	Conexões trocadas	Trocar as conexões dos motores com a ponte H, invertendo os locais de pinagem.

4. MANUAL DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DE POLIAS

O objetivo da elaboração deste manual é auxiliar na sistematização das etapas a serem seguidas na montagem da estrutura de roldanas, parte integrante do projeto de pesquisa de utilização do carrinho controlado remotamente.

Caba ressaltar que o professor que optar em construir a estrutura, pode optar em construir uma única para ser utilizada por todos ou propor a construção com seus alunos

Neste processo poderá haver a modificar da sugestão de ordem da montagem, no entanto ressalto que esta proposta apresentada desta montagem, surgiu de um processo de amadurecimento e de outras versões anteriores, onde foram identificados problemas até chegar no modelo apresentado.

Sugiro que esta estrutura seja montada previamente pelo professor ou estudantes, para que no dia de sua utilização já esteja disponível.

4.1. MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

A realização da montagem da estrutura de polias para o içamento das massas que o carrinho controlado remotamente deve movimentar, será necessário os seguintes materiais e ferramentas para a sua execução.

4.2. MATERIAIS PARA A MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

- Caibro de madeira (2 x 7 x 45) cm
- 2 m de cano de PVC de 25mm
- 2 m de cano de PVC de 20 mm
- 2 Bucha Redução 25x20mm
- 2 Adaptador Soldável Curto 25mm
- 2 Joelho 90° soldável de 20 mm
- 2 Nípel Roscável de 25 mm
- 4 tampões de 25 mm
- 2 Caixa de condutele de PVC de 25 mm
- 2 adaptadores condutele de 25 mm
- 2 roldanas/polias plásticas de 6cm
- 4 parafusos ganchos de 6 mm
- 6 Parafusos de madeira chipboard 6,0 x 7,0 mm

4.3. FERRAMENTAS PARA A MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

- Serra de arco para cano
- Parafusadeira com ponteira Philips ou chave Philips
- Furadeira
- Broca de 3mm
- Serra copo de 36 mm ou ½ polegada.

4.4. PREPARAÇÃO PARA A MONTAGEM DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

- 1º Etapa:** Cortar um pedaço de caibro de madeira (2 x 7 x 45) cm
- 2º Etapa:** Cortar dois pedaços do cano de PVC de 25 mm com o tamanho de 70 cm.
- 3º Etapa:** Cortar dois pedaços do cano de PVC de 25 mm com o tamanho de 30 cm.
- 4º Etapa:** Cortar dois pedaços do cano de PVC de 20 mm com o tamanho de 100 cm.
- 5º Etapa:** Cortar um pedaço do cano de PVC de 20 mm com o tamanho de 45 cm.

4.5. COMO MONTAR A PARTE INFERIOR DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

1º Etapa: Separar os dois pedaços do cano 25 mm com 30 cm e os 4 tampões de 25 mm.

Figura 84 - Canos com tampões.



Fonte: O autor

2º Etapa: Pegar os dois pedaços do cano de PVC de 25 mm do tamanho de 30 cm e colocar em suas extremidades os tampões de 25 mm.

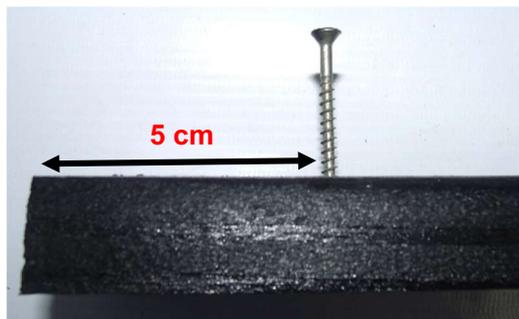
Figura 85 - Colocação dos tampões nos canos.



Fonte: O autor

3º Etapa: Apontar o parafuso para ser rosqueado na madeira a 5 cm em ambas as extremidades

Figura 86 - Local de fixação do parafuso.



Fonte: O autor

4º Etapa: Com a parafusadeira ou a chave Philips rosquei todo parafuso na madeira em ambos os lados.

Figura 87 - Parafuso rosqueado.



Fonte: O autor

5º Etapa: Pegue o cano com os tampões e marque o centro do cano e fixe no parafuso rosqueando o cano ao parafuso em ambos os lados.

Figura 88 - Colocação do suporte da base.



Fonte: O autor

6º Etapa: Com esta etapa pronta ficará montado assim.

Figura 89 - Suportes colocados.



Fonte: O autor

7º Etapa: Pegue a tampa da caixa de condutele de PVC e com a serra copo de 36 mm ou ½ polegada e faça um furo em uma das tampas, logo abaixo do encaixe do parafuso e de forma centralizada.

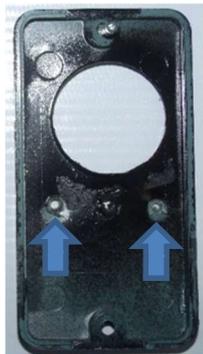
Figura 90 - Tampa do condutele com furo.



Fonte: O autor

8º Etapa: Com a furadeira com a broca de número 3 mm faça dois furos em ambas as tampas.

Figura 91 - Tampa do condutele com furos de fixação.



Fonte: O autor

9º Etapa: Fixe a tampa com auxílio da furadeira ou chave Philips, nas extremidades da madeira de forma que sua borda fique no mesmo nível dos canos já fixados.

Figura 92 - Fixação das tapas do condutele na base.



Fonte: O autor

10º Etapa: Parafuse a outra parte da caixa de condutele de PVC.

Figura 93 - Fixação da caixa do condutele na base.



Fonte: O autor

11º Etapa: Com esta etapa pronta a base fica desta maneira.

Figura 94 - Base com condutores fixados.



Fonte: O autor

12º Etapa: Separar os dois pedaços do cano 25 mm com 70 cm e os 2 redutores de 25 para 20 mm.

13º Etapa: Em uma das extremidades conecte a bucha de redução de 25x20 mm

Figura 95 - Colocação das buchas de redução nos canos.



Fonte: O autor

14º Etapa: Na outra extremidade deste cano de 25 mm com 70 cm conecte os Adaptador Soldável Curto 25mm.

Figura 96 - Colocação dos adaptadores ao cano.



Fonte: O autor

15º Etapa: Na parte com rosca da Adaptador Soldável Curto 25mm conecte o nípel roscável.

Figura 97 - Colocação das nípel rosqueável aos adaptadores.



Fonte: O autor

16º Etapa: No nípel rosqueável conecte o adaptador condutele.

Figura 98 - Colocação dos adaptadores do condutele as nípel rosqueável.



Fonte: O autor

17º Etapa: Conecte o adaptador condutele ao furo superior do condutele de PVC.

Figura 99 - Colocação do cano a caixa do condutele.



Fonte: O autor

18º Etapa: Observe como ficou a fixação.

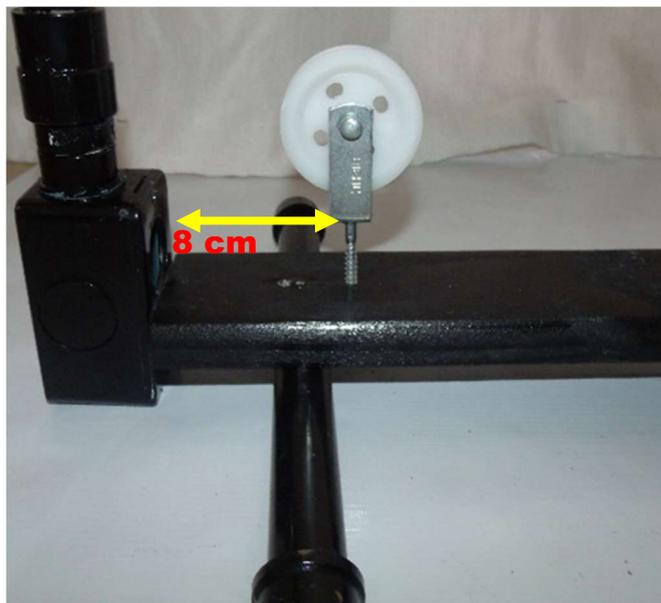
Figura 100 - Cano fixo na caixa de condutele.



Fonte: O autor

19º Etapa: Na parte de madeira, fixe uma roldana de 6 cm a 10 cm da tampa do condutele de PVC que foi furada.

Figura 101 - Local de fixação da roldana fixa da base inferior.



Fonte: O autor

20º Etapa: Com esta etapa concluída a parte inferior da estrutura de roldanas está concluída.

Figura 102 - Base inferior concluída.



Fonte: O autor

4.6. COMO MONTAR A PARTE SUPERIOR DA ESTRUTURA DE ROLDANAS

1º Etapa: Pegar o cano de PVC de 20 mm com 45 cm e encaixar ambas as extremidades os joelhos de 90° de 20 mm.

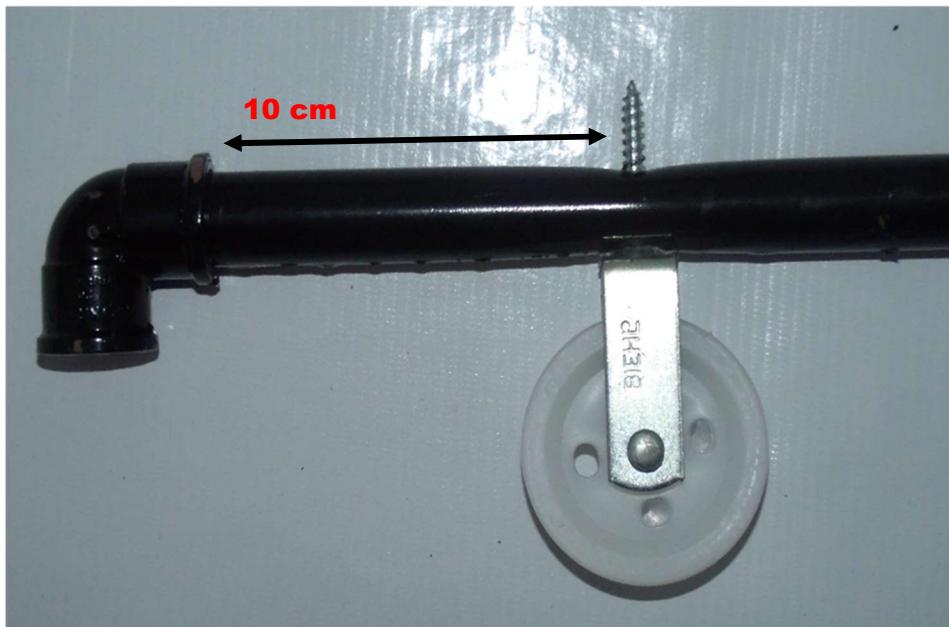
Figura 103 - Colocação do joelho de 90° ao cano.



Fonte: O autor

2º Etapa: A 10 cm de extrema do joelho de 90° rosquear a roldana de 6 cm.

Figura 104 - Local de fixação da roldana fixa da parte superior.



Fonte: O autor

3º Etapa: Fixar os quatro parafusos ganchos de 6 mm em intervalos iguais de 5 cm.

Figura 105 - Cano com polias e ganchos rosqueados.



Fonte: O autor

4º Etapa: Com esta etapa concluída. A montagem estará assim.

Figura 106 - Parte superior com roldã fixa e gancho de rosqueáveis de ancoragem.



Fonte: O autor

5º Etapa: Partindo de uma das extremidades do cano de 100 cm de 20 mm, faça seis furos no intervalo de 10 cm entre eles. Utilize para este furo a broca de 3 mm.

6º Etapa: Faça uma marcação para ordenar os furos em ambos os lados.

Figura 107 - Numeração dos furos no cano de suporte.



Fonte: O autor

7º Etapa: Conecte a extremidade que não foi furada do cano de 100 cm de 20 mm ao joelho de 90°.

Figura 108 - Fixação do cano de suporte ao joelho de 90°.



Fonte: O autor

8º Etapa: Com esta etapa concluída a parte superior da estrutura de roldanas está concluída.

Figura 109 - Estrutura superior concluída.



Fonte: O autor

4.7. ACOPLAMENTO DAS PARTES SUPERIORES E INFERIORES DA ESTRUTURA

1º Etapa: Pegue a parte superior da estrutura e coloque a parte livre do cano no orifício da Bucha Redução 25x20mm.

Figura 110 - Acoplamento da parte superior na inferior.



Fonte: O autor

2º Etapa: Nesta configuração de tamanho mínimo a estrutura tem o espaço de içamento de aproximadamente 110 cm.

3º Etapa: Como a parte móvel é ajustável a necessidades de içamento, podem ser ajustadas em ambos os lados nos furos que foram realizados no cano de 20 mm, basta para isso introduzir um pequeno objeto de metal (grampo, clips ou prego) para segurar a estrutura.

4º Etapa: Na sua configuração máxima a estrutura apresenta o espaço de içamento de aproximadamente 167 cm.

5. INSTALAÇÃO DO ARDUINO UNO

Com o término da montagem do carrinho, item a necessidade de instalar o *software* que fará os comandos dos componentes utilizados na montagem do carrinho.

A escolha deste programa para a montagem da programação do carrinho usará a plataforma *open code*, fundamentada em *hardware* e *software* de fáceis manipulação chamada de Arduino, que está disponível para *download* no endereço <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, havendo versões disponíveis para diversos tipos de ambientes operacionais tais como: Windows, Mac e Linux.

Existe a possibilidade de se trabalhar o Arduino nas versões off-line e on-line. Selecionei a versão off-line neste tutorial, mas caso queira trabalhar com a versão on-line, deve-se neste acaso acessar o site <https://create.arduino.cc/>.

A interface gráfica do Arduino na versão off-line, faz necessário a instalação de alguns *softwares* no computador, seja ele *desktop* ou *laptop* que se utilizará para a programação do Arduino.

Neste momento vale ressaltar que a linguagem de programação utilizada na elaboração do projeto é sofisticada, o professor que decidir utilizar este kit de montagem não necessitará saber fazer à programação, pois a programação estará disponível livremente juntamente com este material.

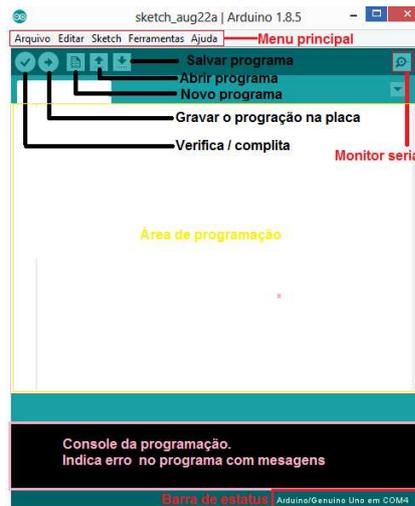
5.1. PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO UNO

A programação do carrinho usará a plataforma *open code*, fundamentada em *hardware* e *software* fáceis manipulação chamada de Arduino.

A escolha pelo Arduino deu-se por ser uma placa de prototipagem de fácil manuseio e de custo acessível e podendo se adaptar aos mais diferentes projetos e por isso tendo diversas possibilidades de consulta sobre sua utilização, desde os fóruns, tutoriais de instalação e utilização e tira dúvidas no próprio site do fabricante bem como em diversas plataformas na internet, com isso podendo ser consultadas para sanar eventuais dúvidas sobre a montagem e programação do projeto.

Efetando o download e a instalação do aplicativo do Arduino *Desktop IDE*, (*Integrated Development Environment*), compatível com o seu sistema operacional utilizado em seu *laptop* ou *desktop*, aparecerá uma janela de comando o apresentado abaixo. Destacamos os principais funções e comandos da janela conforme indica na Figura 111.

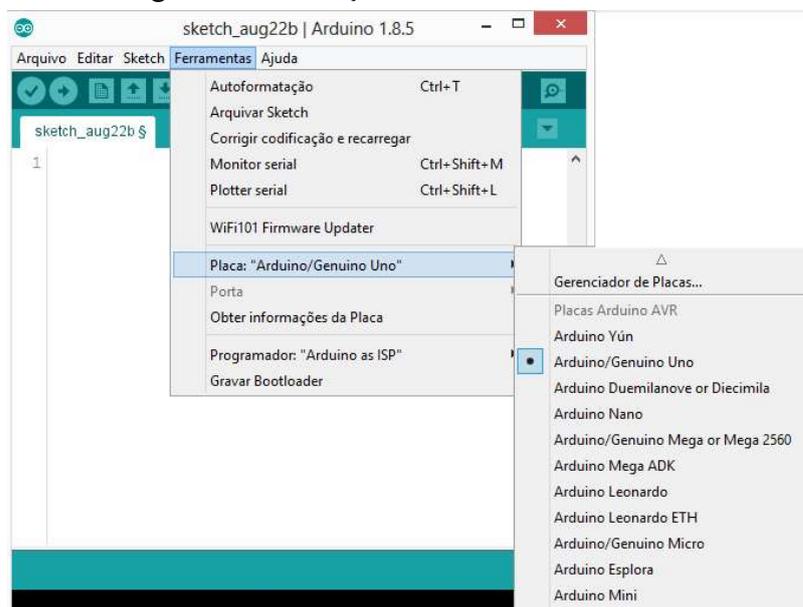
Figura 111 - Interface gráfica do Arduino.



Fonte: O autor

Com o programa de Arduino instalado e aberto deve-se selecionar o modelo da placa do Arduino utilizado no projeto. Para isso Para isso selecionasse na interface o menu Ferramentas → Placa → Arduino Uno (modelo usado neste projeto), conforme mostra à Figura 112.

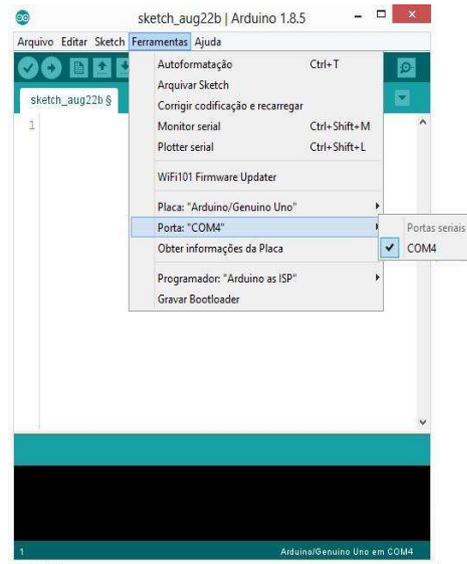
Figura 112 - Seleção do modelo do Arduino.



Fonte: O autor

Com o Arduino aberto selecione a porta serial que a sua placa está se comunicando com seu correspondente à placa do Arduino utilizada no seu projeto no menu como indicado na Figura 113 (COM1 e COM2) são normalmente reservados para portas seriais nativas e não por USB).

Figura 113 - Selecionando a porta serial do Arduino.



Fonte: O autor

Após selecionar o modelo basta copiar o código programação para o carrinho

Apêndice F - Programação para o **carrinho** utilizado neste projeto e colar no ambiente de programação salvando em seguida, abaixo a Figura 114. Mostra o aspecto da interface com parte do código do projeto.

Figura 114 - Interface com o nome do programa.



```

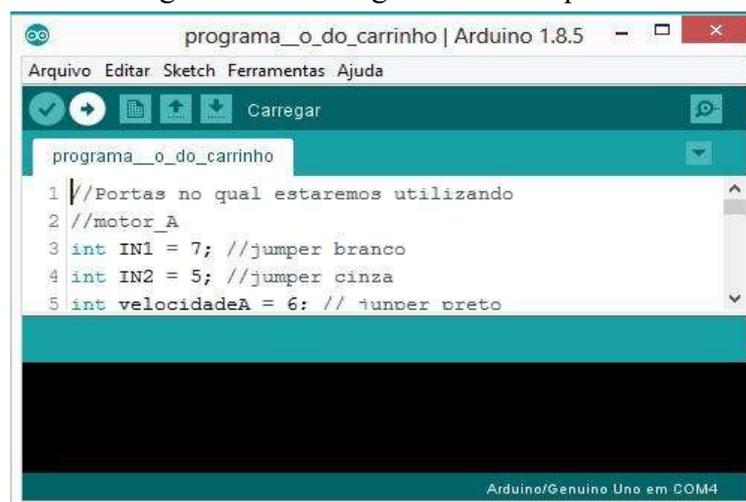
programa_o_do_carrinho
1 //Portas no qual estaremos utilizando
2 //motor_A
3 int IN1 = 7; //jumper branco
4 int IN2 = 5; //jumper cinza
5 int velocidadeA = 6; // jumper preto
6
7 //motor_B
8 int IN3 = 4; //jumper rosa
9 int IN4 = 2; // jumper azul
10 int velocidadeB = 3; //jumper verde
11
12 char x;
13
14 // Velocidade auxiliar
15 //int velocidade = 0;
16
17 void setup()
  
```

Fonte: O autor

Para fazer o *upload* do código na placa do Arduino, “Carregar” clique na opção *upload* ambiente de desenvolvimento. Conforme indicado na Figura 115 - Carregamento do arquivo..

Atenção: Para carregar o programa no Arduino, desconecte os pinos TX e RX do módulo Bluetooth, para não ocorrer conflito com a serial.

Figura 115 - Carregamento do arquivo.



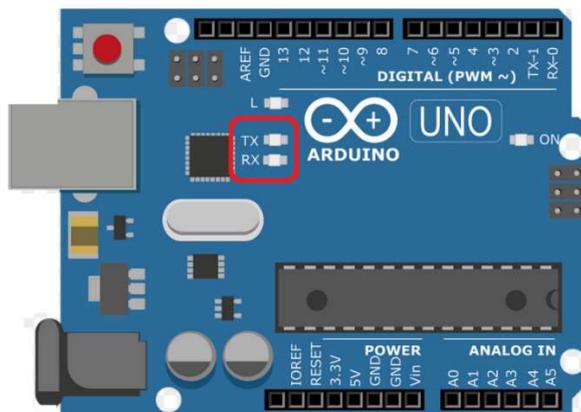
```

programa_o_do_carrinho
1 //Portas no qual estaremos utilizando
2 //motor_A
3 int IN1 = 7; //jumper branco
4 int IN2 = 5; //jumper cinza
5 int velocidadeA = 6; // jumper preto
  
```

Fonte: O autor

Esperar alguns segundos. Se tudo ocorrer normalmente, os diodos emissores de luz ou simplesmente (LED's) indicadores RX e TX, indicados na Figura 116, devem estar piscando.

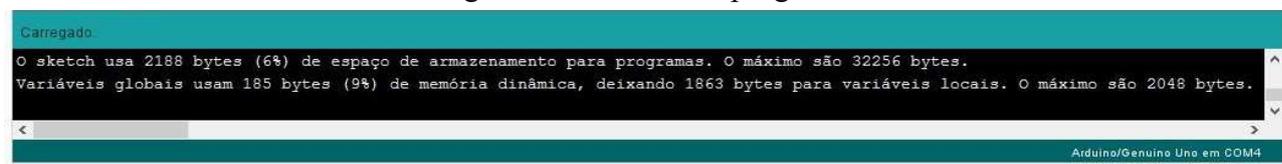
Figura 116 - Led's indicadores RX e TX



Fonte: disponível em: <https://www.gratispng.com/png-lwugx2>
Acesso em 01 de setembro de 2020.

Logo aparecerá uma mensagem no console do compilador com as informações de tamanho do arquivo e outros detalhes, isto indica que o *upload* foi bem-sucedido a mensagem “Carregado” irá aparecer acima do console compilador conforme a Figura 117.

Figura 117 - Status do programa.



Fonte: O autor

6. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

INTRODUÇÃO

A realização do estudo de Dinâmica – Forças e as Leis de Newton no ambiente escolar pode ser abordado de uma maneira mais prática utilizando para isso atividades experimentais que busquem colaborar e auxiliar a criação e assimilação dos conceitos físicos abordados em sala de aula.

Para tanto, a sugestão aqui apresentada para a realização de atividades experimentais é a utilização da Robótica Educacional foi a criação de um aparato experimental que permitiu utilização e a criação de quatro propostas de sequência didáticas, que buscaram trabalhar os conceitos físicos com a utilização dentro da proposta de trabalho o uso de polias fixas, polias móveis e associação de polias, procurando assim fomentar e proporcionar um suporte pedagógico que estimule e potencialize a elaboração dos conceitos físicos envolvidos durante a realização das atividades experimentais práticas.

A utilização do carrinho controlado remotamente em sala de aula, quando utilizado nesta finalidade, sugere uma aprendizagem dos conceitos sobre Forças e as Leis de Newton de forma colaborativa e significativa aos alunos envolvidos durante a construção e desenvolvimento previstos nos questionamentos elaborados nas sequências didáticas propostas.

Os questionamentos poderão fomentar ainda mais a possibilidade que o professor aborde outros conceitos físicos que não estão como tema central das sequências didáticas e nem previstos em seu plano de ensino para aquela etapa de aprendizagem, proporcionando um ganho significativo em seu fazer pedagógico.

Os quatro roteiros das sequências didáticas foram pensados e elaborados, de modo que objetivos propostos durante a sua realização e concomitantemente a sua avaliação sejam alcançados em cada etapa das atividades.

No processo de criação e elaboração dos questionamentos contidos nas etapas nas propostas de sequências didáticas, foi totalmente desconsiderada para efeitos de cálculos e conclusões os atritos que existe entre a polia com o fio e da polia com o seu eixo, deixando assim o estudo deste conceito para ser abordados em outras atividades envolvendo este aparato e o carrinho controlado remotamente em outra aplicação futura.

6.1. ATIVIDADE 1: FORÇA TRAÇÃO.

Imagem geral da atividade proposta:

Figura 118 - Medindo a força de tração



Fonte: O autor

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM:

- Determinar a força de tração do carrinho controlado remotamente;
- Entender o princípio da ação e reação;
- Representar os vetores de força presentes no sistema montado.

CONCEITUALIZAÇÃO:

Ao longo da história da humanidade existiu uma série de notáveis pensadores, filósofos, matemáticos e físicos, que contribuíram para a existência dos pressupostos teóricos que antecederam a este notável físico, Isaac Newton.

O publicação das Leis de Newton, provocou na história da ciência um marco conceitual de fundamental importância, pois alterou as concepções de mundo da humanidade dando uma explicação universal e contundente para os movimentos dos corpos (Menezes L. d., 2016).

A necessidade de criação de um marco temporal para a realização desta escrita, será realizada como utilizada com publicação por Isaac Newton uma de suas obras que versam sobre o assunto abordado nesta pesquisa.

A obra escolhida foi *Philosophiae naturalis principia mathematica*, ou Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, publicada em 5 de julho de 1687.

Esta obra foi a mais completa sistematização do conhecimento de sua época, na qual toda Física clássica foi sintetizada em uma única obra, unindo a cinemática de Galileu e a Astronomia de Kepler.

O núcleo central dos Principia, constituem os três pilares fundamentais que chamamos Mecânica Clássica, que justamente por isso também é conhecida por Mecânica Newtoniana.

As leis de movimento de acordo com Newton no Principia, segundo (Balola, 2010):

Lei I: Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas. [...]

Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motriz impressa, e dá-se ao longo da linha reta em que aquela força é impressa. [...]

Lei III: A uma ação corresponde sempre uma reação contrária e igual: ou seja, as ações de dois corpos entre si são sempre iguais e vão em direções contrárias. (Balola, 2010, p. 32-33).

As leis de Newton estão enunciadas no livro didático de (Fukui, Molina, & Venê, 2006) como:

Lei I - Se nenhuma força atua em um corpo, ou se a resultante das forças que atuam for nula, o corpo fica em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Lei II - Quando a resultante das forças externas que atuam sobre um corpo é não nula ($R \neq 0$), sua velocidade vetorial sofrerá alteração. Essa alteração de velocidade (aceleração) é proporcional à intensidade da resultante.

Lei III - Quando um corpo interage com outro, aplicando-lhe uma força (ação), recebe desse corpo a aplicação de outra força (reação), de mesma intensidade e mesma direção, mas de sentido oposto. (Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 109 – 119)

PRIMEIRA LEI DE NEWTON PRINCÍPIO DA INÉRCIA

A primeira lei de Newton, denominada de Princípio da Inércia, tem seu enunciado descrito da seguinte forma. “Existem referenciais chamados inerciais tais que, nesses referenciais, uma partícula isolada se move em linha reta percorrendo distâncias iguais em tempos iguais”. (Cabral, 1984).

Percebemos neste enunciado deixa explícito que são referenciais inerciais, sem os quais não podemos caracterizar de forma apropriada a Mecânica.

Quando não adotarmos um referencial inercial como podemos afirmar que o referencial que adotamos é inercial a qualquer outro referencial, que se encontra movendo como velocidade (módulo, direção e sentido) constante em relação a este corpo que consideramos em inercial.

Ao consideramos o nosso referencial inercial em nosso sistema, podemos considerar que o resultante da soma de todas as forças (\vec{F}_{res}) que atuam no sistema é zero, matematicamente representamos esta situação como:

$$\begin{array}{l} \textit{Primeira lei de Newton} \\ \vec{F}_{res} = \vec{0} \end{array} \quad (1)$$

Newton conseguiu mostrar o comportamento de um corpo a resultante das forças é igual a zero, porém, sentiu necessidade de entender o que acontece quando um corpo está sob a ação de forças, pois a experiência diz que dada força produz acelerações de módulos diferentes, em corpos diferentes, com massas diferentes.

SEGUNDA LEI DE NEWTON – LEI DO MOVIMENTO

A segunda lei de Newton, denominada Lei do Movimento, diz que a força resultante que age sobre um corpo deve ser igual ao produto da massa do corpo por sua aceleração.

Este princípio, também chamado de princípio fundamental da dinâmica.

Como exemplo pegaremos dois objetos de formatos similares e massas distintas.

Uma bola de tênis e uma bola de basquete, a força aplicada (\vec{F}) em ambos os casos será idêntica, sendo que a massa (m) das bolas são diferentes resultando em uma aceleração (\vec{a}) diferente em ambos os casos.

Na mecânica clássica o momento linear (\vec{p}), ou simplesmente momento, é um vetor que é determinado pelo produto da massa (m) do objeto por sua velocidade (\vec{v})

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (2)$$

Conforme (Halliday, Resnick, & Walker, 1996), Newton em seu famoso livro Principia, descreveu a segunda lei do movimento em termos do momento linear (que chamou de quantidade de movimento).

Como sabemos que a massa pode variar com o tempo, no entanto, para a realização deste experimento será considerado que a massa não sofrerá nenhuma alteração.

Na equação (1) temos a formulação da 2ª Lei de Newton com base em seu momento linear. Fazendo a derivada em ambos membros podemos expressar matematicamente a 2ª Lei de Newton da seguinte forma:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3)$$

Reescrevendo a equação (3) e trocando a derivada em função do tempo pela aceleração, teremos:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad (4)$$

Na equação (4) mostra força resultante sobre um determinado corpo é igual à variação de sua quantidade de movimento durante um determinado intervalo de tempo.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (5)$$

Sendo essa, a expressão contida nos livros didáticos que tornou-se a mais “conhecida”, correspondente à segunda lei de Newton escrita da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \textit{Segunda lei de Newton} \\ & \vec{F} = m \cdot \vec{a} \end{aligned} \quad (6)$$

Ou temos a segunda lei de Newton em termos das componentes da força e da aceleração, que matematicamente fica desta forma:

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot \vec{a}_x ; \vec{F}_{res,y} = m \cdot \vec{a}_y ; \vec{F}_{res,z} = m \cdot \vec{a}_z \quad (7)$$

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot \frac{d\vec{v}_x}{dt} = ; \vec{F}_{res,y} = m \cdot \frac{d\vec{v}_y}{dt} = ; \vec{F}_{res,z} = m \cdot \frac{d\vec{v}_z}{dt} \quad (8)$$

Nas expressões apresentadas anteriormente vale lembrar que a força resultante aplicada (\vec{F}), a massa (m) e a aceleração (\vec{a}) realizada sobre um corpo, ocasiona uma aceleração diretamente proporcional a força aplicada sobre este corpo.

Sendo a massa, o comprimento e o tempo definidos como grandezas fundamentais no estudo da física, a força é uma grandeza derivada. Assim a unidade padrão para força é chamada de Newton, sendo representada matematicamente por:

$$1 \text{ Newton} = (1 \text{ quilograma}) \times (1 \text{ metro por segundo ao quadrado}) \quad (9)$$

$$N = kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad (10)$$

Assim em decorrência a segunda lei de Newton quando existir várias forças atuando sobre um único ponto material, levamos em conta o princípio da superposição que afirma, para todos os sistemas lineares o resultado de duas ou mais forças atuando sobre o sistema, teremos a seguinte situação onde o vetor resultante é igual ao multiplicação da massa do corpo pelo vetor de aceleração deste corpo. Podemos representar esta da seguinte forma:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (11)$$

TERCEIRA LEI DE NEWTON – LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

A terceira lei de Newton, denominada ação e reação, enuncia que se um corpo A exerce uma força (\vec{F}_{AB}) sobre um corpo B, então o corpo B também exercerá uma força (\vec{F}_{BA}) de mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários, isso significa que as duas forças têm módulos iguais e sentidos opostos e pode ser descrito matematicamente da seguinte forma:

$$\begin{aligned} &\textit{Terceira lei de Newton} \\ &\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \end{aligned} \quad (12)$$

ATIVIDADE EM SALA:

Os grupos de alunos formados para a realização da atividade deverão determinar a força de tração do carrinho controlado remotamente exerce sob o fio.

MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS:

- Aplicativo instalado no celular disponível no Play Store com o nome de controle C;
- Balança digital;
- Carrinho controlado remotamente;
- Estrutura fixa;
- Fio de ancoragem com gancho/olhal.

PROCEDIMENTO:

Os alunos acoplarão o carrinho controlado remotamente ao fio de ancoragem que estará fixado a balança digital de modo que este fio está possa ser preso no furo da base do carrinho controlado remotamente na sua parte traseira.

Esta balança estará acoplada a uma estrutura fixa em sala de aula, conforme a Figura 119 - Força de tração.

Figura 119 - Força de tração.



Fonte: O autor

Terminado esta etapa de ancoragem o carrinho controlado remotamente deve ser acionado de modo que este se desloque para a frente, tendo como referencial a estrutura que está fixada a balança, tensionado o fio que está prendendo o carrinho controlado remotamente a balança e com

isto, registrando a força de tração que está sendo exercida sob fio, que estará marcada no visor da balança, conforme a Figura 120.

Figura 120 - Visor da balança com a tração do carrinho.



Fonte: O autor

Repetindo este procedimento mais algumas vezes para poder obter uma média aritmética simples do valor da tração que o carrinho controlado remotamente exerce no fio, esta força de tração encontrada será a base para os cálculos, comprovações e conjecturas que será realizada nas etapas posteriores desta sequência didática.

QUESTIONAMENTOS DA ATIVIDADE:

Estes questionamentos podem ser realizados antes da realização da atividade, durante a realização das atividades ou como uma outra forma de avaliação da atividade, ficando a critério do professor o momento da sua utilização.

- O carrinho controlado remotamente será que conseguiu mover a estrutura onde foi ancorado? Por quê?
- O fio que estava conectando o carrinho controlado remotamente à estrutura pode vir a se romper? O que poderia ter acontecido? Explique?
- Qual seria o peso máximo que o carrinho controlado remotamente poderia rebocar? Explique?
- Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique?
- Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO:

Proposta A: Os grupos de trabalho montados pelos alunos devem registrar os valores obtidos em cada medição da força de tração do carrinho controlado remotamente no relatório de atividades Apêndice H - Relatório de atividade completando todos os campos deste relatório, que deve ser entregue ao professor após a realização da atividade.

Proposta B: Resolução do questionamento das atividades de forma individual e/ou em grupos por parte dos alunos.

Proposta C: Pode também ser solicitado um vídeo e/ou foto da atividade que apareça os diversos momentos que foram realizados as medições da tração do carrinho controlado remotamente.

Proposta D: Solicitar que os grupos de trabalho imprimam uma foto do momento da medição da tração do carrinho controlado remotamente e destaque nesta foto da impressão os vetores de força que estão atuando sobre o sistema.

Fica a critério do professor que está aplicando a sequência didática a maneira de avaliação do processo de aprendizado dos alunos, podendo este, fazer qualquer uma das propostas apresentadas ou a elaboração de outros critérios avaliativos dos alunos envolvidos.

6.2. ATIVIDADE 2: POLIA FIXA

Imagem geral da atividade proposta:

Figura 121 - Movendo o peso com polia fixa.



Fonte: O autor

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM:

- Conhecer o princípio de funcionamento das polias fixas;
- Visualizar as polias fixas em funcionamento;
- Entender o princípio da 3ª lei de Newton;
- Representar os vetores de força presentes no sistema montado.

CONCEITUALIZAÇÃO:

As polias, roldanas ou moitões, como podemos observar na Figura 122, são peças mecânicas, constituídas de uma roda de material rígido, de metal, madeira ou plástico, lisa ou apresentada uma fenda ou fulcro no disco, acionada por uma correia, corda ou fio, flexível e inextensível que gira sobre um eixo central e transferindo o movimento e a força para outro objeto, podendo ser associado a outras polias, assim fazendo o trabalho de uma engrenagem.

Figura 122 - Polia simples com uma corda passado pelo sistema de fixação.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

Estes dispositivos mecânicos são instalados com o propósito de facilitar o transporte ou deslocamento de peso nas mais diversas atividades humanas.

Podemos caracterizar um sistema de polias de duas formas.

Na primeira que podemos considerar um sistema de polias é considerá-lo ideal, onde tem a capacidade de mudar a direção do fio e transmitir a força aplicada integralmente, acoplada a um fio ideal, sendo este caracterizado por ter uma massa desprezível, ser inextensível e flexível, ou seja, é capaz também de transmitir totalmente a força aplicada nele de uma extremidade à outra, podemos assim considerar o sistema como se os corpos estivessem encostados.

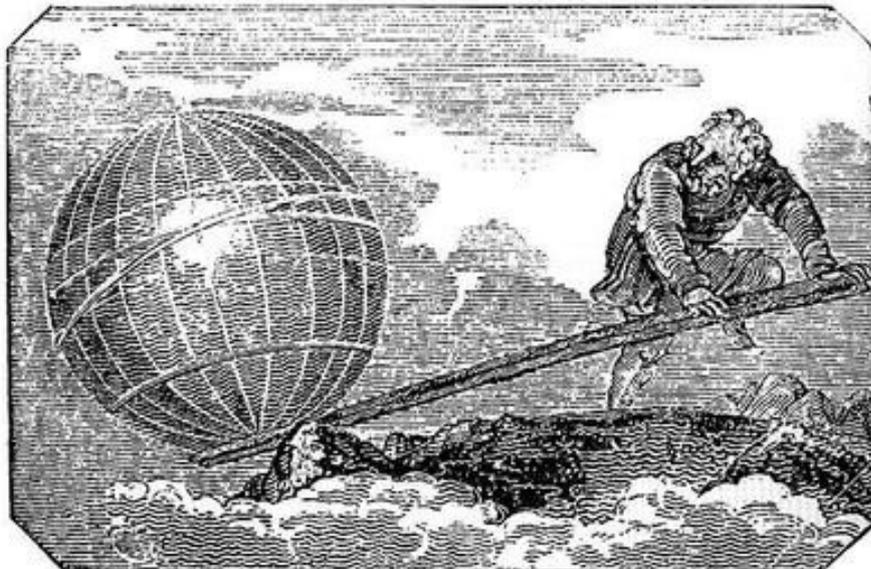
Na segunda de considerar um sistema de polias chamado de real, onde tem a capacidade de mudar a direção do fio, no entanto, parte da força aplicada nesta mudança de direção e perdida no processo, o fio utilizado para tem massa, é extensível e flexível, ou seja parte da força aplicada absorvida por ele e não transmitida totalmente a outra extremidade.

A história relata que Arquimedes, grego do terceiro século a.C., foi a primeira pessoa que construiu e usou um sistema de roldanas, assim ele podia deslocar grandes pesos exercendo pequenas forças, segundo (Assis, 2008):

Diversos autores mencionam uma frase famosa de Arquimedes em conexão com suas invenções mecânicas e sua capacidade de mover grandes pesos realizando pouca força: “Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra.” Esta frase foi dita quando ele conseguiu realizar uma tarefa solicitada pelo rei Hierão de lançar ao mar um navio de muitas toneladas, movendo-o apenas com a força das mãos ao utilizar uma engrenagem composta de um sistema de polias e alavancas. (Assis, 2008, p.16)

A célebre frase “Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra” atribuída a ele, como podemos observar na Figura 123, mostra que desde aqueles tempos o princípio das alavancas já era compreendido. O relato mais antigo da representação da utilização de uma polia que temos registro é datado de 800 a.C., em um mural da Assíria (Assis, 2008).

Figura 123 - Um ponto de apoio e moverei o mundo.

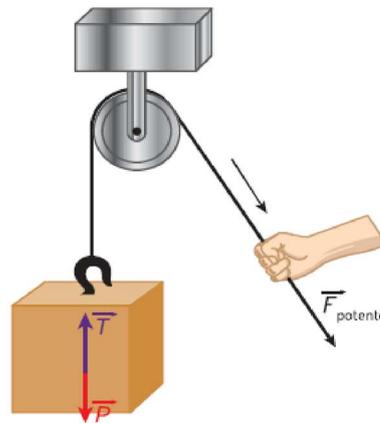


Fonte: Disponível em: <<https://www.idoneos.com>>

Na Física, as alavancas e polias são consideradas simples máquinas, no entanto com princípios físicos a estas duas máquinas simples são completamente diferentes.

As polias, dependendo da maneira como estes dispositivos são utilizados podem servir para multiplicar forças ou simplesmente mudar o seu sentido. Têm como princípio básico que a força realizada sobre uma de suas extremidades seja transmitida para a outra extremidade da carga, mudando assim o sentido da força aplicada, como podemos observar na Figura 124 abaixo:

Figura 124 - Mudança do sentido da força em uma roldana fixa.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

Segundo (Barbieri, 2011) uma máquina simples é definida como:

máquina simples é aquela que não pode ser decomposta em outra. Em geral, no estudo das máquinas simples as grandezas físicas de interesse são: força potente resultante, força resistente resultante, braço mecânico de potência, braço mecânico de resistência, trabalho potente, trabalho resistente, momento tissor potente (ou torque potente), momento tissor resistente (ou torque resistente). Todavia, é observado que no estudo em particular de uma determinada máquina, apresentado por muitos livros didáticos, não se menciona a física de muitas grandezas presentes na situação em questão.

A pretensão é reforçar a ideia de que a máquina somente é o elemento de transmissão de força, independentemente de sua configuração. A preocupação de certa forma está concentrada nas forças, potente e resistente, que se posicionam nas extremidades dessas máquinas simples. (Barbieri, 2016, p. 4205-2)

Considerar as polias como máquinas simples; as suas classificações são apresentadas por (Fukui, Molina, & Venê, 2006) sendo:

Há dois tipos de polia: fixa e móvel. Ambas funcionam como uma alavanca: uma extremidade da corda é presa a carga a ser deslocada, sendo está a extremidade onde atua a força resistente; a outra extremidade é usada para puxar a corda e deslocar a carga, sendo está a extremidade onde atua a força potente. No meio, o ponto de fixação da polia serve como apoio.

Nos estudos de polias, neste livro, o cabo ou a corda que conecta todo o sistema é considerado ideal, ou seja, fios inextensíveis e polias que giram livremente sem atrito, todos com massa desprezível. (Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133).

Conforme (Barbieri, 2011) comenta:

Quando se estuda polias pelos textos em livros didáticos não fica clara a observância das utilidades delas independentemente de suas classificações, fixa ou móvel, seja no ensino secundarista, ensino superior ou mesmo pela internet, salvo alguns casos. Os estudos dos livros textos já são conduzidos para suas combinações, ou seja, aos conjuntos de polias. Esses conjuntos também não possuem uma descrição esclarecedora. A dificuldade encontrada em qualquer nível de ensino na exploração desses assuntos. (Barbieri, 2011, p. 4305-3)

Os conjuntos de polias apresentam e podem ser utilizados em diferentes combinações e configurações sendo estas chamadas de força motora (\vec{F}_M) e força resistente (\vec{F}_R), conforme podemos observar na Figura 125.

Figura 125 - Força motora e resistência.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Na física a força motora é o nome dado ao trabalho realizado a favor do movimento de um corpo corresponde à força que se aplica à máquina ao dotando estes corpo de energia cinética e força resistente como é chamado a força que tem o trabalho de resistência realizado ao contrário ao movimento, isto é, que tenta buscar ser equilibrada ou superada pela força motora, fazendo que o corpo tenha a energia cinética reduzida ou alterada em outros tipos de energia, podendo ser aplicadas em pontos diferentes do sistema. (Menezes L. d., 2016).

Vale ressaltar aqui que o conceito de trabalho que é uma grandeza física, e esta mede a transformação ou transferência de energia, tem sua unidade de medida em Joules. Além disso, o trabalho que é exercido por uma força equivale a sua variação de energia cinética, bem como da energia potencial atribuída a um corpo ou sistema de corpos.

ATIVIDADE EM SALA:

Os grupos de trabalho dos alunos formados para a realização da etapa 2 – Polias fixas devem ser capazes de definir as seguintes informações:

- Qual a finalidade do uso de polias fixa para a realização do movimento de pesos com o auxílio do carrinho controlado remotamente.
- Qual a vantagem mecânica da utilização de polias fixas.

- Qual a relação entre o deslocamento observados no sistema.
- Qual a relação de forças que atuam sobre o sistema.

MATERIAIS A SER UTILIZADOS:

- Aplicativo instalado no celular disponível no Play Store com o nome de controle C;
- Balança digital;
- Carrinho controlado remotamente;
- Estrutura montada para a fixação das polias;
- 1 Fios de ancoragem com gancho/olhal;
- 1 Fio de ancoragem com olhal/olhal;
- Pesos de massas diferentes. (100 g; 200 g, 300 g; 400 g)
- Roldanas fixas;
- Tampa com gancho.

PROCEDIMENTO:

Os alunos devem pegar o fio de ancoragem gancho/olhal, com a extremidade do olhal passar pelo furo lateral da estrutura saindo na outra extremidade.

Logo em seguida passar o fio do olhal pelo fulcro da polia fixa que se encontra localizada na parte inferior da estrutura.

Este fio do olhal deve ser levado diretamente para a outra polia fixa que está localizada na parte superior da estrutura, passando por seu fulcro e voltando para a parte inferior da estrutura e conectada o olhal ao gancho de reboque da massa de 100 g que será a primeira a ser utilizada para o içamento.

A extremidade do fio de ancoragem que tem um gancho deve ser acoplada na parte traseira do carrinho controlado remotamente no furo de reboque.

Com o fio preso em uma das extremidades no carrinho controlado remotamente e a outra na massa com peso de 100 g, os alunos com o auxílio do aplicativo de controle remoto, devem acionar o carrinho, para que o mesmo se desloque para frente, tendo como referência a estrutura, fazendo com isso a tentativa de içamento do peso preso na outra extremidade do fio.

Os grupos de trabalhos formados devem repetir o procedimento descrito anteriormente e a cada nova tentativa devem trocar os pesos e verificar a possibilidade de conseguir o seu içamento com as diferentes massas.

QUESTIONAMENTOS DA ATIVIDADE:

Estes questionamentos podem ser realizados antes da realização da atividade, durante a realização das atividades ou como uma outra forma de avaliação da atividade, ficando a critério do professor o momento da sua utilização.

- a) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?
- b) Existe alguma forma do carrinho controlado remotamente conseguir levantar pesos maiores que este utilizados? Explique.
- c) Qual a função da polia fixa para o movimento de massa? Explique.
- d) Qual a relação entre os deslocamentos do carrinho controlado remotamente e a massa a ser içada?
- e) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.
- f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO:

Proposta A: Os grupos de trabalho dos alunos devem registrar os valores obtidos em cada medição realizada com o aparato de polias, utilizando as polia fixa e o carrinho no relatório de atividade, Apêndice H - Relatório de atividade preenchendo todos os campos deste relatório, que deve ser entregue ao professor após o término.

Proposta B: A resolução do questionamento das atividades de forma individual ou em grupos por parte dos alunos.

Proposta C: A solicitação de um vídeo e/ou foto das atividades que apareça o momento da medição da tração do carrinho controlado remotamente.

Proposta D: Solicitar que os grupos de trabalho imprimam uma foto do momento do içamento de qualquer uma das massas pelo carrinho controlado remotamente e destaque nesta foto da impressão os vetores de força que estão atuando sobre o sistema.

Fica a critério do professor que está aplicando a sequência didática a maneira da avaliação do processo de aprendizado dos alunos, podendo este, fazer qualquer uma das propostas apresentadas ou a elaboração de outros critérios avaliativos dos alunos envolvidos.

6.3. ATIVIDADE 3: POLIA MÓVEL

IMAGEM GERAL DA ATIVIDADE PROPOSTA:

Figura 126 - Movendo peso com polias móveis.



Fonte: O autor

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM:

- Conhecer o princípio de funcionamento das polias móveis;
- Visualizar as polias móveis em funcionamento;
- Representar de vetores presentes no sistema montado.

CONCEITUALIZAÇÃO:

Uma polia fixa tem seu eixo preso a um suporte rígido, que lhe permite apenas o movimento de rotação, impedindo qualquer translação, sendo que as forças agem nos extremos do fio (Barbieri, 2011). Assim, a força de tração ou motora (\vec{F}_M) realizada possui sentido oposto ao do movimento do objeto. Esta força aplicada ao sistema é, em um modelo ideal, igual à força que seria aplicada caso o objeto fosse erguido diretamente com a força aplicada. A vantagem está na possibilidade de mudar a direção de aplicação da força., podemos representar esta situação matematicamente da seguinte forma.

Outra vantagem da utilização de polias é a possibilidade a força motora seja menor que a força resistente (\vec{F}_R). Este ganho de força, chamado por (Assis, 2008) de vantagem mecânica (VM), é que podemos expressar matematicamente pela fórmula:

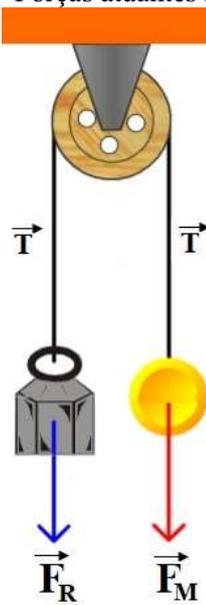
$$VM = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} \quad (13)$$

Se $VM < 1$, temos desvantagem mecânica: a força empregada é maior que a força de resistência.

Se $VM = 1$, as forças são iguais: não há vantagem nem desvantagem mecânica ao movimentar ou equilibrar o objeto.

A Figura 127 ilustra o sistema de forças de uma polia com seu eixo central fixo. O atrito é desconsiderado neste modelo simplificado. As forças no cabo são modeladas por forças de tensão (\vec{T}) em suas extremidades. São mostradas também no sistema a motora (\vec{F}_M) e resistente (\vec{F}_R).

Figura 127 - Forças atuantes na polia fixa.

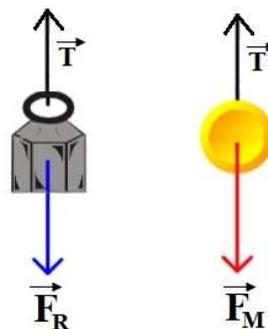


Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Ao analisar o sistema de forças atuantes na Figura 5 podemos perceber que ambas as forças de tração (\vec{F}_R) e motora (\vec{F}_M) exercidas no fio são empregadas com a mesma intensidade e no mesmo sentidos, fazendo que o sistema se encontre em equilíbrio.

Quando analisamos o sistema na representação das forças atuantes através do diagrama de corpo livre do sistema representados na Figura 127, percebemos as seguintes forças.

Figura 128 - Diagrama de corpo livre de uma polia fixa



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

No diagrama de corpo livre da Figura 130, temos as seguintes forças atuando.

$$\begin{cases} -\vec{F}_R = \vec{T} \\ -\vec{F}_M = \vec{T} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} -(m \cdot \vec{g}) = \vec{T} \\ -\vec{F}_M = \vec{T} \end{cases} \quad (14)$$

Para considerar as forças que atuam em um sistema estas se encontram em equilíbrio estático é necessário observar duas condições.

Primeira condição de equilíbrio: A soma das forças

Um determinado corpo esteja em equilíbrio é que a soma de todas as forças que atuam sobre ele deve ser nula.

O equilíbrio é estático quando a força resultante sobre o corpo é nula e este está em repouso, ou seja, não possui velocidade, sendo assim, um objeto que se encontra executando movimento retilíneo uniforme, não há aceleração, portanto, conforme a segunda lei de Newton, não existe força resultante.

Como a força é nula e o objeto possui velocidade constante, diz-se que o corpo está em equilíbrio dinâmico.

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (15)$$

Segunda condição de equilíbrio: A soma dos torques

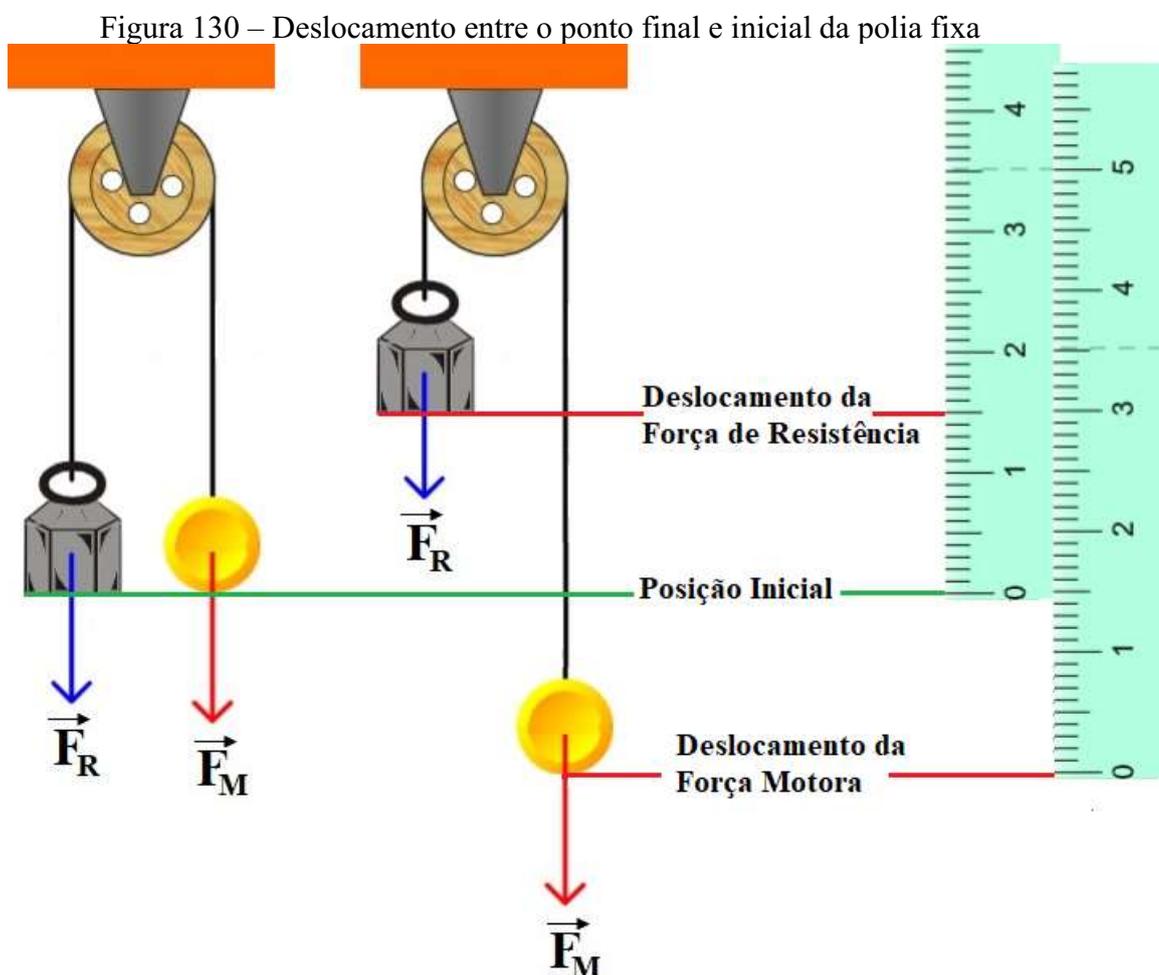
O torque, também chamado de momento de uma força, é a grandeza vetorial relacionada com a rotação de um sistema. Essa grandeza é definida pelo produto da força aplicada perpendicularmente em determinado ponto do sistema pelo braço de alavanca, que corresponde à distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação.

Para que um sistema esteja em equilíbrio, é necessário que não haja rotação, portanto, a soma dos torques que atuam sobre o sistema deve ser nula.

Na Figura 129, podemos observar a segunda condição descrita anteriormente, onde o fio que une estas duas forças está sendo submetido por uma força de tensão (\vec{T}) de mesma intensidade e sentido contrário, aplicada em cada um das extremidades do fio, o somatório das forças atuantes no sistema é nulo e fazendo que o resultando no seu torque também seja nulo. Quando fazemos a utilização de uma polia fixa para a movimentação de cargas, obtemos como vantagem mecânica (VM), de resultado 1. Sendo assim a polia fixa somente proporciona a mudança de direção da força aplicada e não um ganho de força.

$$VM = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = 1 \quad (16)$$

Ao utilizar um sistema de polias fixas, a vantagem a se considerar é que o princípio do deslocamento é o mesmo, fazendo com que o deslocamento apresentado entre o ponto inicial e o final da massa seja o mesmo deslocamento obtido pela força motora (\vec{F}_M) como mostra a Figura 130.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

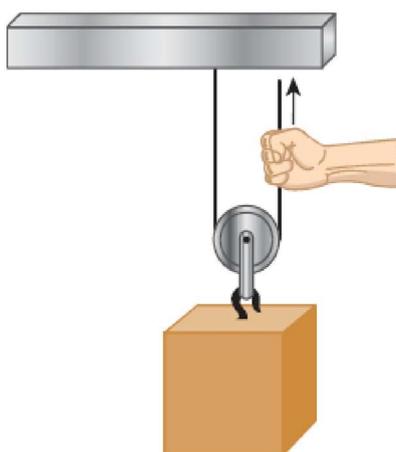
A vantagem mecânica é maior que um quando há redução na aplicação da força motora empregada para o deslocamento da massa a ser movimentada. Para obter esta redução, se faz necessária a utilização de polia móvel na configuração de montagem do sistema.

O objetivo de se investir no uso das polias móveis é de facilitar a realização de algumas tarefas, dependendo como são empregadas.

POLIAS MÓVEIS

A polia móvel na Figura 131, mostra uma polia móvel que apresenta o seu eixo livre, permitindo rotações e translações, sustentado o peso da massa acoplada a ela sobre o próprio fio e a força resistente (\vec{F}_R), que deve ser superada ou equilibrada encontra-se aplicada no eixo da polia, enquanto a força motora (\vec{F}_M) age no extremo livre do fio, movimentando a massa. (Barbieri, 2011).

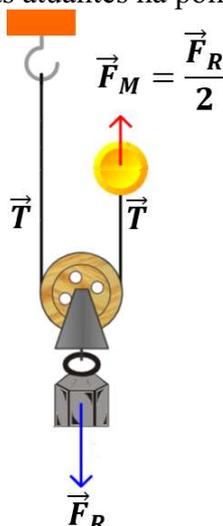
Figura 131 - Polia móvel.



Fonte: Fukui, Molina & Venê, 2006, p. 133

O sistema de polias paralelas, quando as direções das forças motora e resistente aplicadas ao sistema, estiverem paralelamente, conforme mostrado na Figura 132.

Figura 132 - Forças atuantes na polia móvel paralelas.

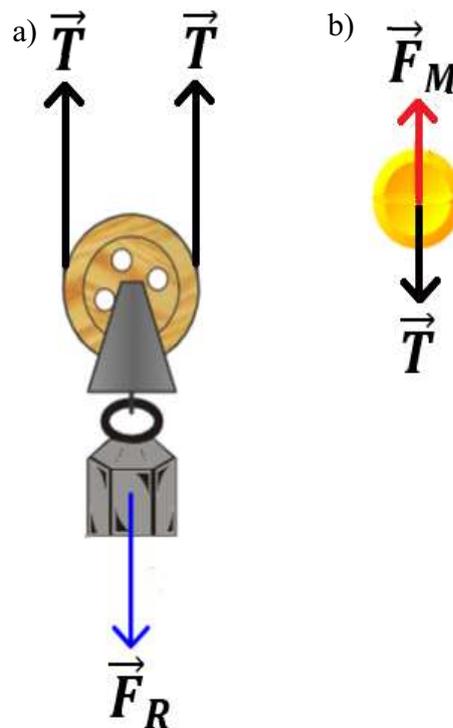


Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

Podemos observar na Figura 131, uma polia suspensa por um corda envolta dela, que está presa ao teto, a massa que está suspensa pela polia exerce uma força de resistência (\vec{F}_R) em uma tensão (\vec{T}) na corda que o segura de mesma intensidade de sua força de resistência (\vec{F}_R).

Quando analisamos o sistema na representação das forças atuantes através do diagrama de corpo livre do sistema representados na Figura 133, percebemos as seguintes forças.

Figura 133 - Diagrama de corpo livre polia móvel



Fonte: Simulador *Physics at School* - Adaptada

A tensão (\vec{T}) na corda, que está presa em um lado ao teto e ao outro lado a uma força motora (\vec{F}_M), em ambos os lados a tensão possui um valor igual a metade do valor, pois aqui estamos admitindo que é uma roldana utilizada seja do tipo ideal, ou seja, massa desprezível e, portanto, as tensões na corda é consequência apenas devido ao peso do bloco.

Assim, para determinar o valor da força motora (\vec{F}_M) necessária para a movimentação do sistema, podemos escrever a equação matemática com base no diagrama de corpo livre, Figura 132a, temos.

$$2\vec{T} = -\vec{F}_R \quad (17)$$

$$\vec{T} = \frac{-\vec{F}_R}{2} \quad (18)$$

Incluindo o diagrama de corpo livre, Figura 132b ao sistema, teremos a seguinte condição:

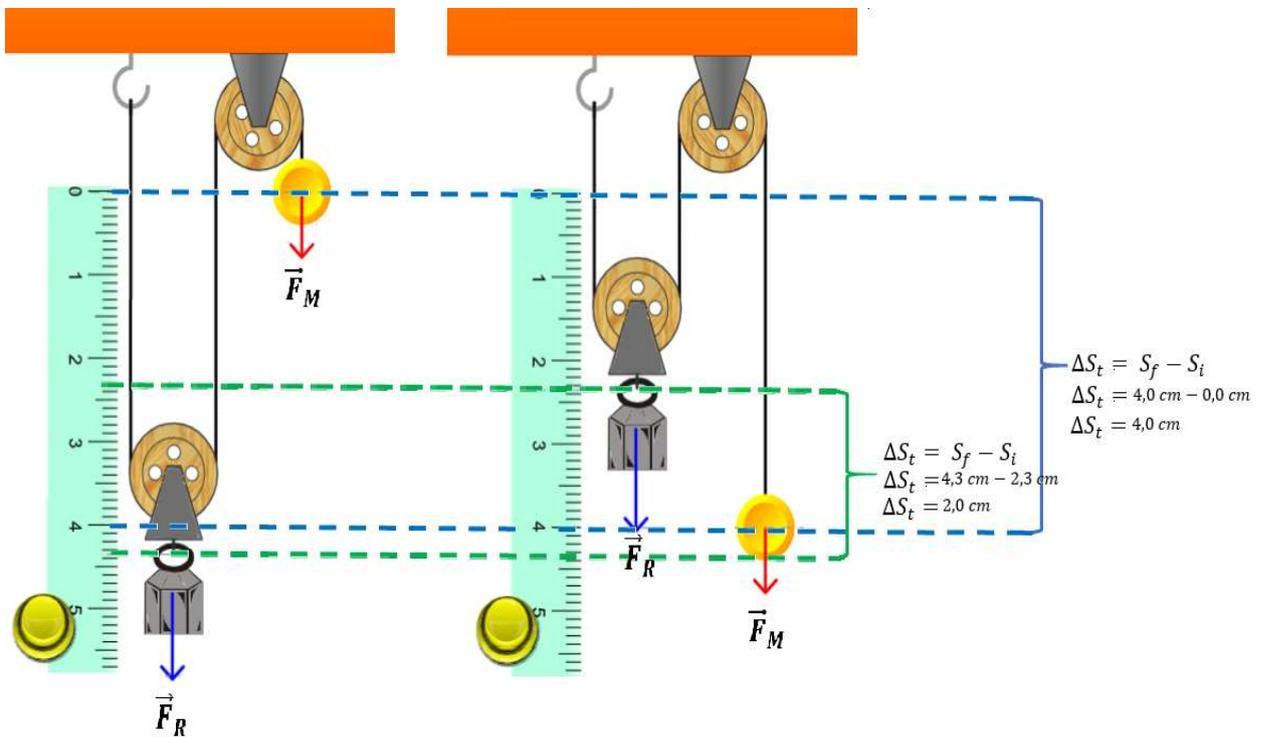
$$\vec{F}_M = -\vec{T} \tag{19}$$

Ao igualar as equações (17) e (18) a equação matemática resultante para a movimentação do uma polia livre fica escrita da seguinte forma:

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \tag{20}$$

A associação de polias móveis como na Figura 133, resulta numa força motora menor, no entanto, o deslocamento total ($\Delta S_t = S_f - S_i$) entre a força motora (\vec{F}_M) em relação a força de resistência (\vec{F}_R), a movimentação da massa será metade do deslocamento total final ocorrido na força motora, quando aplicado para esta movimentação somente uma polia móvel, conforme podemos observar a seguir na Figura 134:

Figura 134 - Deslocamento entre o ponto inicial e final na polia móvel.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

ATIVIDADE EM SALA:

Os grupos de trabalho dos alunos formados para a realização da etapa 3 – Polias móveis devem ser capazes de definir as seguintes informações:

- a) Qual a finalidade do uso de polias móveis para a realização do movimento de pesos com o auxílio do carrinho controlado remotamente.
- b) Qual a vantagem mecânica da utilização de polias móveis.
- c) Qual a relação entre o deslocamento observados no sistema.
- d) Qual a relação de forças que atuam sobre o sistema.

MATERIAIS A SER UTILIZADOS:

- Aplicativo instalado no celular disponível no Play Store com o nome de controle C;
- Carrinho controlado remotamente;
- Estrutura de madeira montada;
- Fios de ancoragem com gancho;
- Pesos de massas diferentes. (100 g; 200 g, 300 g; 400 g)
- Roldanas fixas;
- Tampa com roldana.

PROCEDIMENTO:

Os alunos devem pegar o fio de ancoragem gancho/olhal, com a extremidade do olhal passar pelo furo lateral da estrutura saindo na outra extremidade.

Logo em seguida passar o fio do olhal pelo fulcro da polia fixa que se encontra localizada na parte inferior da estrutura.

Este fio do olhal deve ser levado diretamente para a outra polia fixa que está localizada na parte superior da estrutura, passando por seu fulcro e voltando para a parte inferior da estrutura e conectada o olhal pelo fulcro da roldana móvel e retornado o fio para ser fixado no pitão que está fixado na parte superior da estrutura.

A extremidade do fio de ancoragem que tem um gancho deve ser acoplada na parte traseira do carrinho controlado remotamente no furo de reboque.

Com a etapa de colocação do fio concluída, os alunos devem prender no gancho da roldana móvel a primeira massa de peso 100 gramas.

Com o fio preso em uma das extremidades no carrinho controlado remotamente e a outra fixa no pitão fixo na estrutura e transpassada no fulcro da roldana móvel, devemos fixar no gancho da roldana a massa com peso de 100 g.

Os alunos com o auxílio do aplicativo de controle remoto, devem acionar o carrinho, para que o mesmo se desloque para frente, tendo como referência a estrutura, fazendo com isso a tentativa de içamento do peso preso no gancho da roldana móvel.

Os grupos de trabalhos formados devem repetir o procedimento descrito anteriormente e a cada nova tentativa devem trocar os pesos e verificar a possibilidade de conseguir o seu içamento com as diferentes massas.

Com o término desta etapa de içamento das massas pelos os grupos de trabalhos os alunos devem realizar uma troca, colocando a balança digital no pitão que estava preso o olhal do fio de ancoragem e prendendo o olhal do fio ao gancho da balança digital, como mostra a Figura 135.

Figura 135 - Polia móvel com balança



Fonte: O autor

Com a modificação realizada, os grupos devem realizar novamente todo o procedimento descrito anteriormente registrando as massas de pesos utilizados e o valor indicado no visor da balança quando estas massas forem içadas pelo carrinho controlado remotamente na folha de registro da atividade.

QUESTIONAMENTOS DA ATIVIDADE:

Estes questionamentos podem ser realizados antes da realização da atividade, durante a realização das atividades ou como uma outra forma de avaliação da atividade, ficando a critério do professor o momento da sua utilização.

O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?

- a) Qual a finalidade das polias presas na parte inferior e superior da estrutura? Explique.
- b) Qual a função da polia móvel para o movimento de massa? Explique
- c) Qual a diferença entre usar a polia fixa e a polia móvel? Explique.
- d) Os valores registrados no visor do da balança digital e massa utilizadas como peso para ser movimentada foram iguais? Por que? Explique?
- e) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique?
- f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO:

Proposta A: Os grupos de trabalho dos alunos devem registrar os valores obtidos em cada medição de polias móveis com carrinho no relatório de atividades Apêndice H - Relatório de atividade preenchendo todos os campos deste relatório, que deve ser entregue ao professor após a realização da atividade.

Proposta B: A resolução do questionamento das atividades de forma individual ou em grupos por parte dos alunos.

Proposta C: Solicitação um vídeo e/ou foto da atividade que apareça o momento da medição da tração do carrinho controlado remotamente movimentando as massas.

Proposta D: Solicitar que os grupos de trabalho imprimam uma foto do momento do içamento de qualquer uma das massas pelo carrinho controlado remotamente e destaque nesta foto da impressão os vetores de força que estão atuando sobre o sistema.

Proposta E: Explicar o ganho da vantagem mecânica obtido pela utilização de polia móveis para a movimentação de grandes massas.

Proposta F: Comentar os motivos que podem não ser vantajoso a utilização de polias móveis para a movimentação de cargas por grandes distâncias.

Fica a critério do professor que está aplicando a sequência didática a maneira da avaliação do processo de aprendizado dos alunos, podendo este, fazer qualquer uma das propostas apresentadas ou a elaboração de outros critérios avaliativos dos alunos envolvidos.

6.4. ATIVIDADE 4: ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS

IMAGEM GERAL DA ATIVIDADE PROPOSTA:

Figura 136 - Movendo peso com associação de polias.



Fonte: O autor

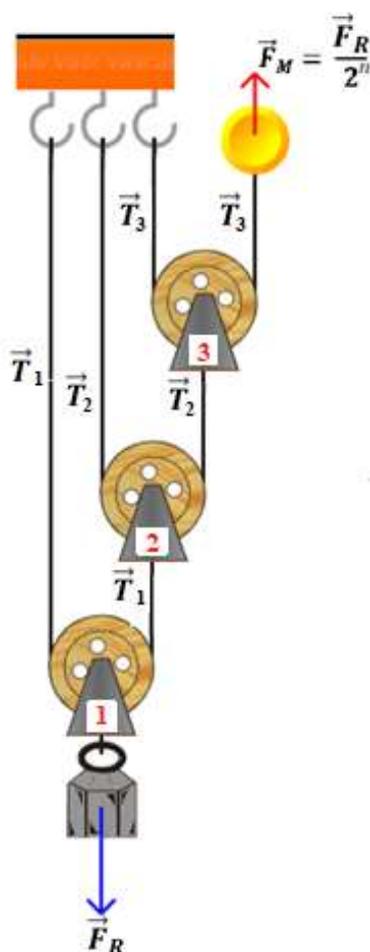
OBJETIVO DE APRENDIZAGEM:

- Conhecer o princípio de funcionamento das associações de polias;
- Visualizar as associações de polias em funcionamento;
- Representar os vetores de força presentes no sistema montado.

CONCEITUALIZAÇÃO:

Quando acoplamos ao sistema em uso várias polias móveis ao mesmo sistema para realizar a movimentação de grandes massas, chamamos este dispositivo de associação de polias móveis, conforme a Figura 137. No entanto, existem algumas associações bem características e que acabam recebendo os nomes talha, moitão e cadernal, sem muita descrição de qual é um ou outro (Barbieri, 2011).

Figura 137 - Sistema de polias móveis.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

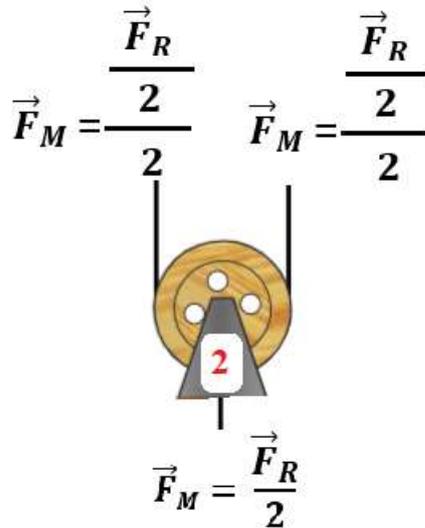
Quando trabalhamos com “n” polias, em um sistema, conforme a Figura 137, a força motora empregada (\vec{F}_M) em sua movimentação da massa (\vec{F}_R) é reduzida pela metade a cada nova polia adicionada ao sistema.

Ao analisar o diagrama de corpo livre de cada uma das polias acopladas no sistema podemos verificar esta situação mais claramente, pois cada uma das polias seguem o mesmo princípio de

dimensionamento de forças atuantes utilizados quando trabalhamos com uma única polia móvel que foram deduzidas nas equações (17, 18, 19, 20).

Ao adicionar outra polia móvel ($n = 2$), ao sistema e verificarmos a força necessária para a movimentação da massa (\vec{F}_R) neste ponto de movimentação, perceberemos que será novamente dividida por dois, como o acoplamento desta nova polia, isto ocorre por que as forças atuante no sistema se dividem como explicitado no diagrama de corpo livre realizado em polias móvel na Figura 138 e podemos replicar este pensamento nesta situação.

Figura 138 - Divisão das forças na polia 2 da associação de polias.



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Podemos expressar matematicamente a força atuante no fio da polia 2 da seguinte forma.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2}; \quad (21)$$

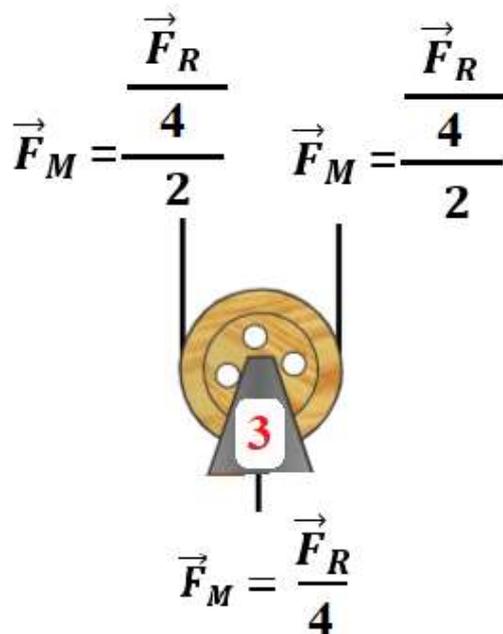
$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \cdot \frac{1}{2}; \quad (22)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^2}; \quad (23)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{4}; \quad (24)$$

Quando adicionamos uma nova polia ao sistema, que chamaremos de ($n=3$), esta associação novamente a força motora será reduzida pela metade.

Figura 139 - Divisão de forças na polia 3 da associação de polias



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Representaremos matematicamente esta situação da seguinte forma.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2} \quad (25)$$

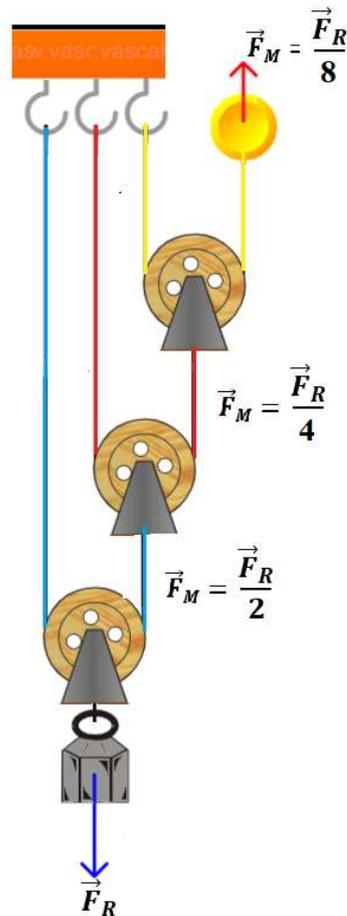
$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{4} \cdot \frac{1}{2}; \quad (26)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^2} \cdot \frac{1}{2}; \quad (27)$$

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^3}; \quad (28)$$

As forças atuantes mostrada na Figura 136 em cada polia fica representado da seguinte forma na Figura 140, onde os fios com as mesmas cores têm as forças atuantes iguais.

Figura 140 - Forças atuantes em cada polia dos sistemas de polias móveis



Fonte: Simulador *Physics at School* - Modificada

Assim de uma forma geral, se continuarmos a acoplar (n) polias em um sistema onde polias móveis, podemos generalizar que a força motora (\vec{F}_M) motora necessária para a movimentação da massa é igual a força de resistência será dividida por dois elevado à enésima potência, onde o este (n) representa o número de polias móveis do sistema, representado a partir da seguinte expressão da equação matemática.

$$\vec{F}_M = \frac{\vec{F}_R}{2^n} \quad (29)$$

Ao utilizarmos uma associação de polias móveis, obtemos diminuição da força motora empregada na movimentação do sistema a cada nova polia móvel acoplada. Sua expressão pode ser obtida a partir da equação 29, sendo que n é o número de polias móveis acopladas no sistema.

$$VM = 2^n \quad (30)$$

ATIVIDADE EM SALA:

Os grupos de trabalho dos alunos formados para a realização da etapa 4 – Associação de polias móveis devem ser capazes de definir as seguintes informações:

- Qual a finalidade do uso de associação de polias móveis para a realização do movimento de pesos com o auxílio do carrinho controlado remotamente.
- Qual a vantagem mecânica obtida com a utilização associação de polias móveis.
- Qual a relação entre o deslocamento observados no sistema.

MATERIAIS A SER UTILIZADOS:

- Aplicativo instalado no celular disponível no Play Store com o nome de controle C;
- Balança digital;
- Carrinho controlado remotamente;
- Estrutura de madeira montada;
- Fios de ancoragem com gancho/olhal;
- Fios de ancoragem olhal/olha
- Pesos de massas diferentes com ganchos. (100 g; 200 g, 300 g; 400 g)
- Roldanas fixas;
- Roldana livre com gancho;

PROCEDIMENTO:

Os alunos devem utilizar o fio de ancoragem de extremidade gancho/olhal. Com o lado do olhal pelo furo lateral da estrutura de madeira, passando logo em seguida pela polia fixa inferior e seguindo diretamente para a outra polia fixa que está localizada na parte superior da estrutura e passando como fio pela polia móvel com gancho e prendo o fio no primeiro pitão localizado na parte superior da estrutura de madeira.

Com o segundo fio de ancoragem olhal/olhal deve prender uma das extremidades no gancho da polia móvel e a outra extremidade deve passar por outra polia móvel e sendo presa no segundo pitão da parte superior da estrutura de madeira.

A extremidade do primeiro fio de ancoragem deve ser acoplada na parte traseira do carrinho controlado remotamente, no furo de reboque, e assim, terminando os procedimentos de montagem da atividade.

Com a etapa de colocação do fio concluída, os alunos devem prender no gancho da segunda roldana móvel utilizada a primeira massa de peso 100 gramas como mostra a Figura 141 - Associação de polia móvel com balança no primeiro pitão.

Com os fios presos e a massa nos locais indicados, os alunos com o auxílio do aplicativo de controle remoto, devem acionar o carrinho, para que o mesmo se desloque para frente, tendo como referência a estrutura de madeira, fazendo com isso a tentativa que o carrinho controlado remotamente consiga levantar o peso preso na outra extremidade do fio.

Os grupos de trabalhos formados pelos alunos devem repetir o procedimento descrito anteriormente, de trocando os outros pesos de massas diferentes a cada nova configuração.

Com o término desta etapa, os grupos de trabalhos alunos devem colocar a balança de pêndulo digital no segundo pitão e do fio de ancoragem prender o gancho a balança de pêndulo digital.

Com a modificação realizada, os grupos devem realizada todo o procedimento descrito anteriormente, mas registrando as massas de pesos utilizados e o valor indicado no visor da balança na folha de registro da atividade.

Uma nova modificação deve ser realizada na atividade, colocando a balança de pêndulo digital no primeiro pitão e do fio de ancoragem prender o gancho a balança de pêndulo digital, como mostra a Figura 141.

Figura 141 - Associação de polia móvel com balança no primeiro pitão



Fonte: O autor

Com a modificação realizada, os grupos devem realizar todo o procedimento descrito anteriormente, mas registrando as massas de pesos utilizados e o valor indicado no visor da balança na folha de registro da atividade.

QUESTIONAMENTOS DA ATIVIDADE:

Estes questionamentos podem ser realizados antes da realização da atividade, durante a realização das atividades ou como uma outra forma de avaliação da atividade, ficando a critério do professor o momento da sua utilização.

- a) Qual a função da associação de polias para a realização da movimentação de grandes massas? Explique.
- b) Existe um peso máximo que o carrinho controlado remotamente conseguiria levantar utilizando um sistema de polias móveis? Explique.
- c) Quantas polias móveis seriam necessárias para o carrinho controlado remotamente conseguir levantar um peso de massa 2 kgf? Demonstre.
- d) O que seria necessário fazer para que o carrinho controlado remotamente mover um peso de 2 kgf com polias fixas? Explique.
- e) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.
- f) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO:

Os grupos de trabalho dos alunos devem registrar os valores obtidos em cada medição da associação de polias com o carrinho no relatório de atividades Apêndice H - Relatório de atividade, preenchendo todos os campos deste relatório, que deve ser entregue ao professor após a realização da atividade.

Outra opção ou complementação de avaliação da atividade é a resolução do questionamento das atividades de forma individual ou em grupos por parte dos alunos, pode também ser solicitado um vídeo ou foto da atividade que apareça o momento da medição da tração do carrinho controlado remotamente.

CONCLUSÃO

Este produto educacional foi desenvolvido pensando em facilitar a implementação da utilização deste produto educacional a prática pedagógica, trazendo um passo a passo totalmente ilustrado das montagens contidas nesta proposta didática.

Procurou-se, neste produto, introduzir os conteúdos de cinemática dos conteúdos de Dinâmica e as Leis de Newton, mais especificamente a abordagem sobre polias por meio de experimentação e o uso da robótica educacional, propondo aos alunos atividade prática por meio destes dois recursos e que a experimentação e o erro contribuiu de forma significativa para o aprendizado, podendo entre eles trocarem ideias e experiências. Para isso, utilizou-se como base teórica de Vygotsky.

A implementação da proposta deste produto educacional foi dividida em três etapas distintas.

Na etapa de preparação, onde foram realizadas as divisões dos grupos de trabalho, confecção das carenagens, montagem da parte eletrônica, os testes de rotação do carrinho e resposta do questionário eletrônico individual.

Na etapa da execução, onde foram implementadas as quatro etapas da pesquisa sobre a força de tração, polia fixa, polias móveis e associação de polias; todas estas descritas nos apêndices e detalhadas no produto educacional para que o colega professor que desejar replicar esta proposta tenha o caminho a seguir que foi realizado neste projeto.

Na etapa de fechamento onde foi realizada a coleta de dados da pesquisa e a avaliação das atividades dos estudantes envolvidos e fazendo a retomada de todos os conceitos abordados.

Acredito que este produto que une robótica educacional e experimentação torne-se uma ferramenta que contribua para que a escola pública adote uma metodologia voltada para o estudante, trazendo assim um maior protagonismo a ele na sua formação.

REFERÊNCIAS

Assis, A. K. (2008). **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. Campinas, SP, Brasil: Apeiron Montreal.

Balola, R. (2010). **Princípios Matemáticos da Filosofia Natural: A lei de inércia**. *Mestrado em Estudos Clássicos*. Lisboa, Portugal.: Universidade de Lisboa.

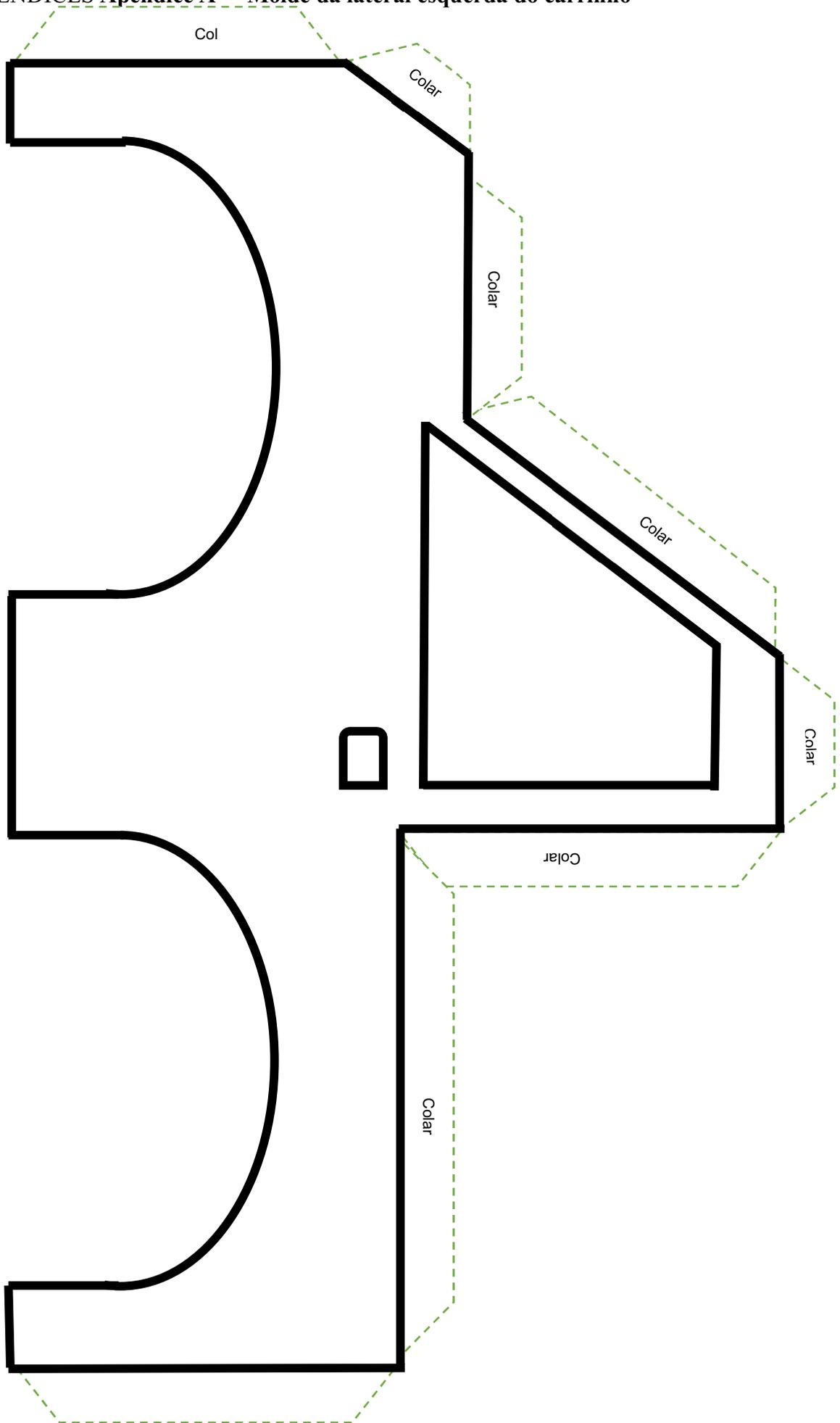
Barbieri, P. F. (2011). **Reavaliação e rememoração dos conceitos da mecânica geral com análise geométrica e/ou gráfica: máquina simples**. Parte II. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, pp. 4305-1, 4305-7. doi:4305-1, 4305-7.

Fukui, A., Molina, M. D., & Venê. (2006). **Ser protagonista: Física 1º Ano**. São Paulo: SM.

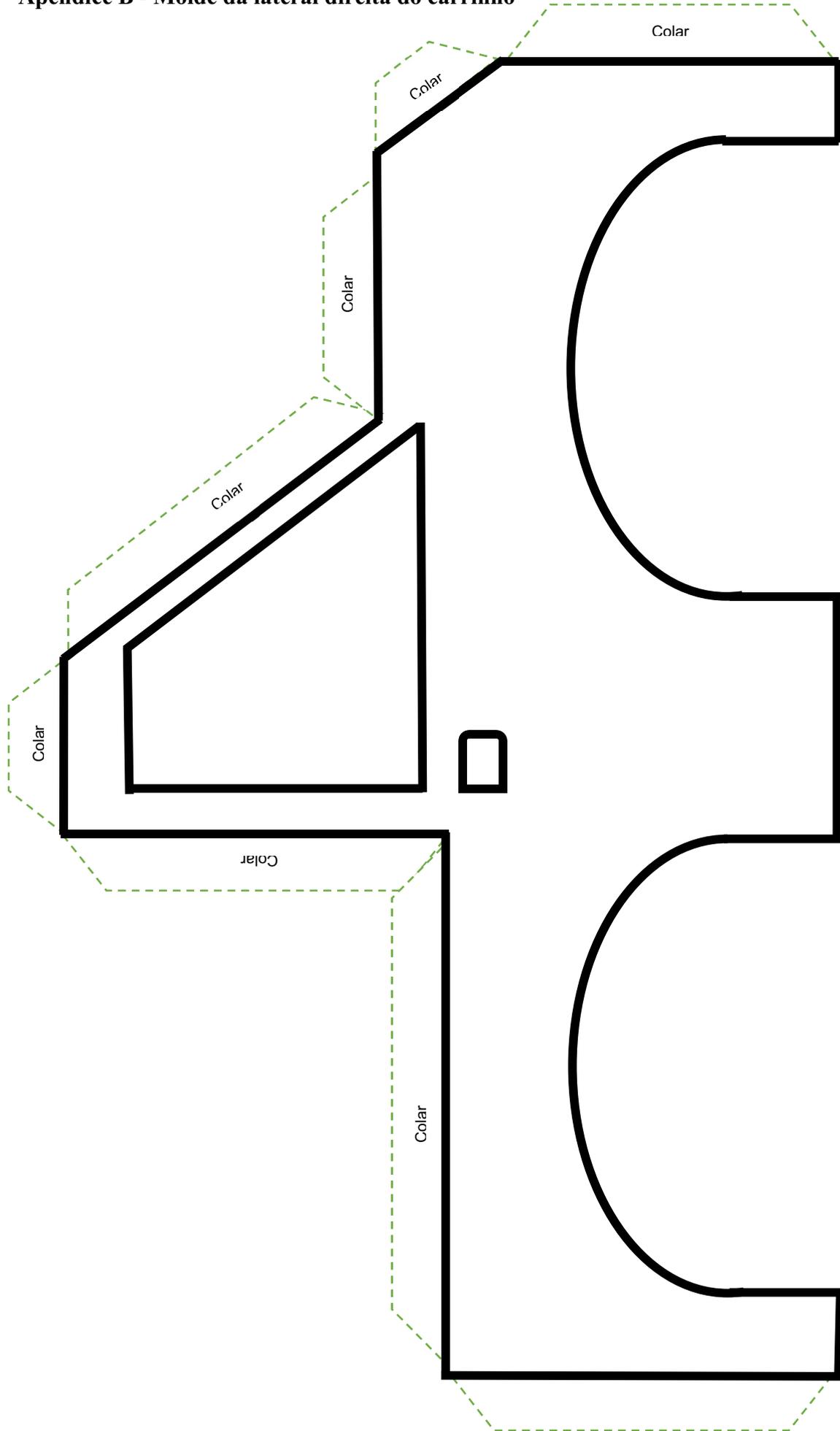
Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1996). **Fundamentos da Física 1 (4º ed., Vol. 1)**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC.

Menezes, L. d. (2016). **Sequência didática para aprendizagem ativa das leis de Newton**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física. São Cristovão – SE.

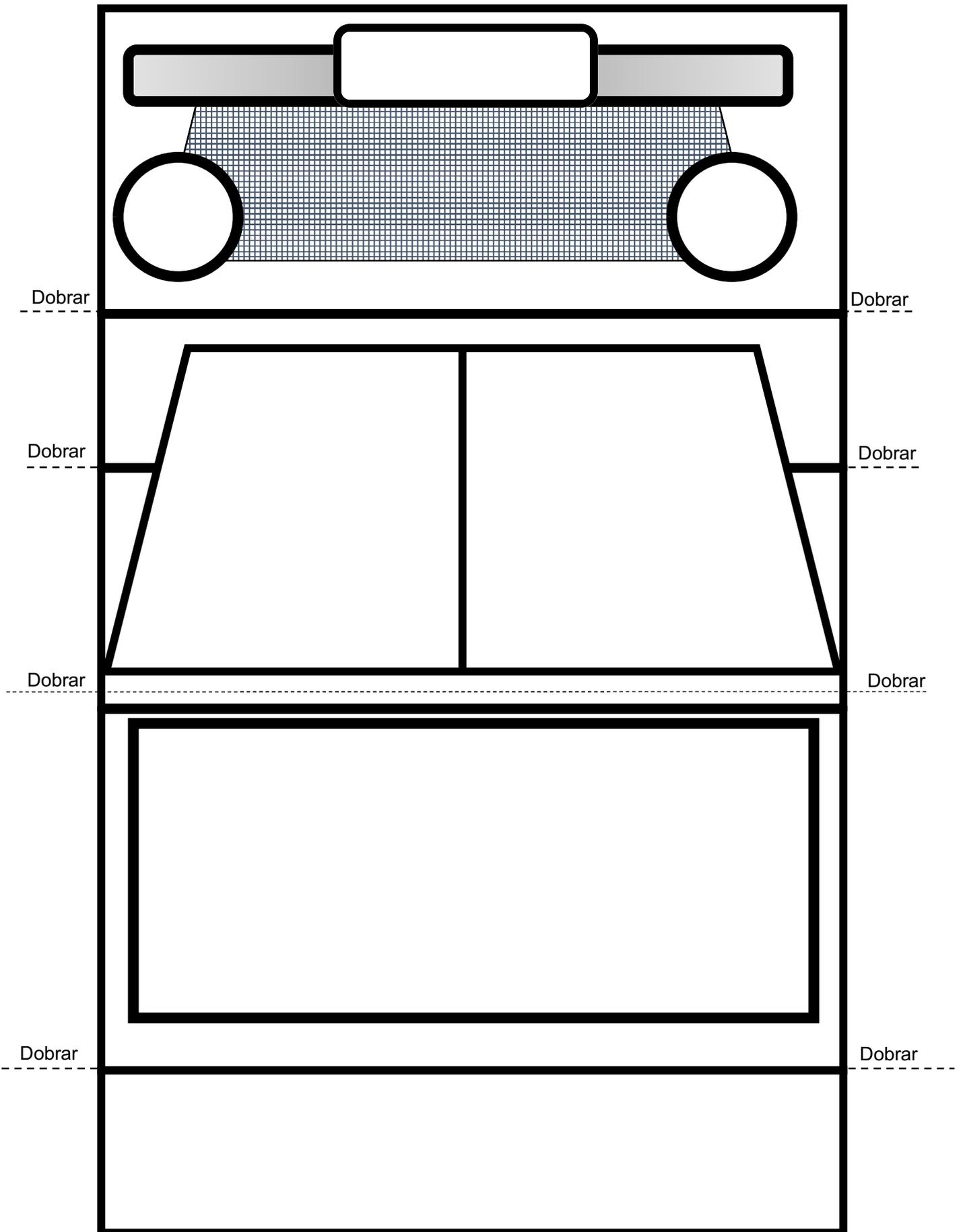
APÊNDICES Apêndice A - Molde da lateral esquerda do carrinho



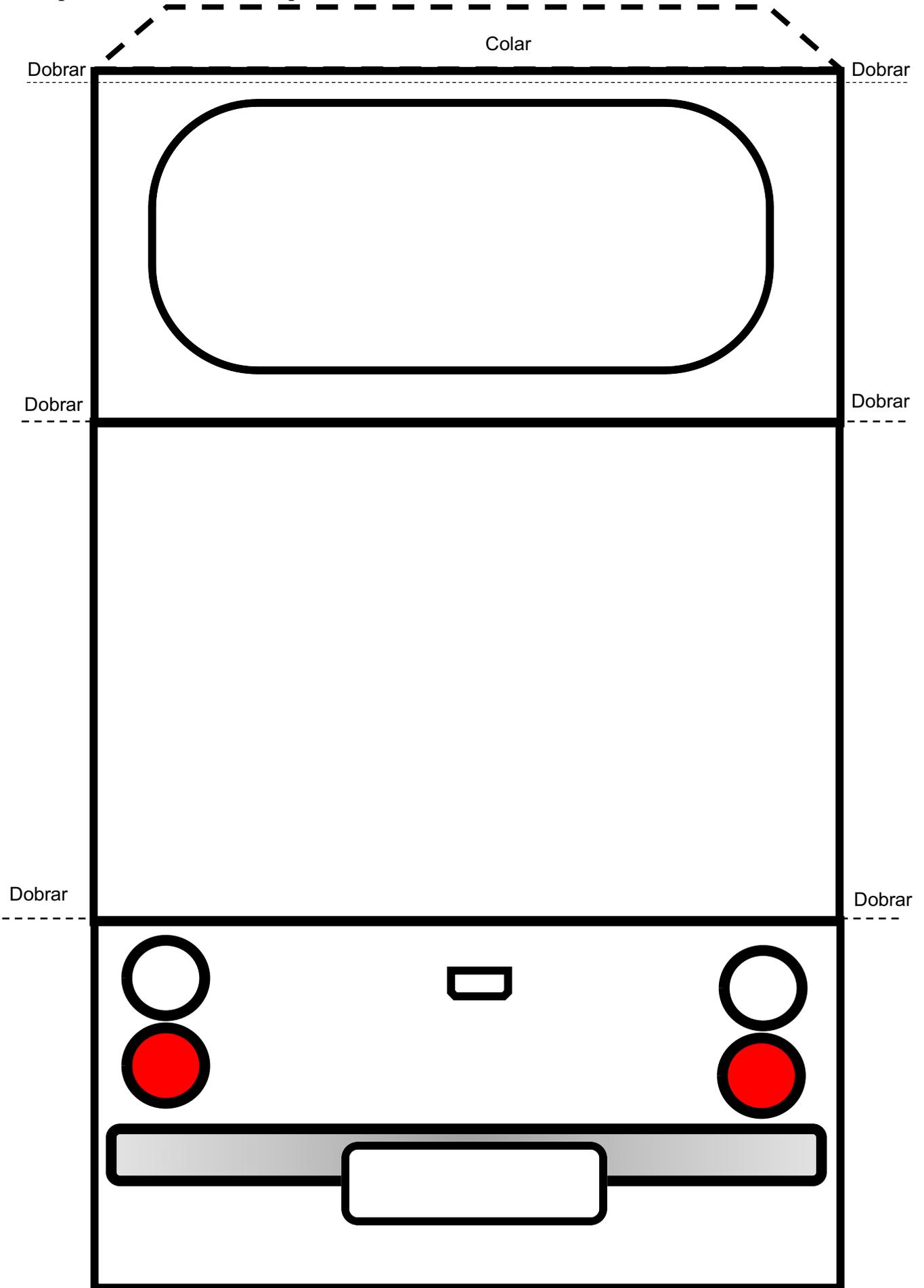
Apêndice B - Molde da lateral direita do carrinho



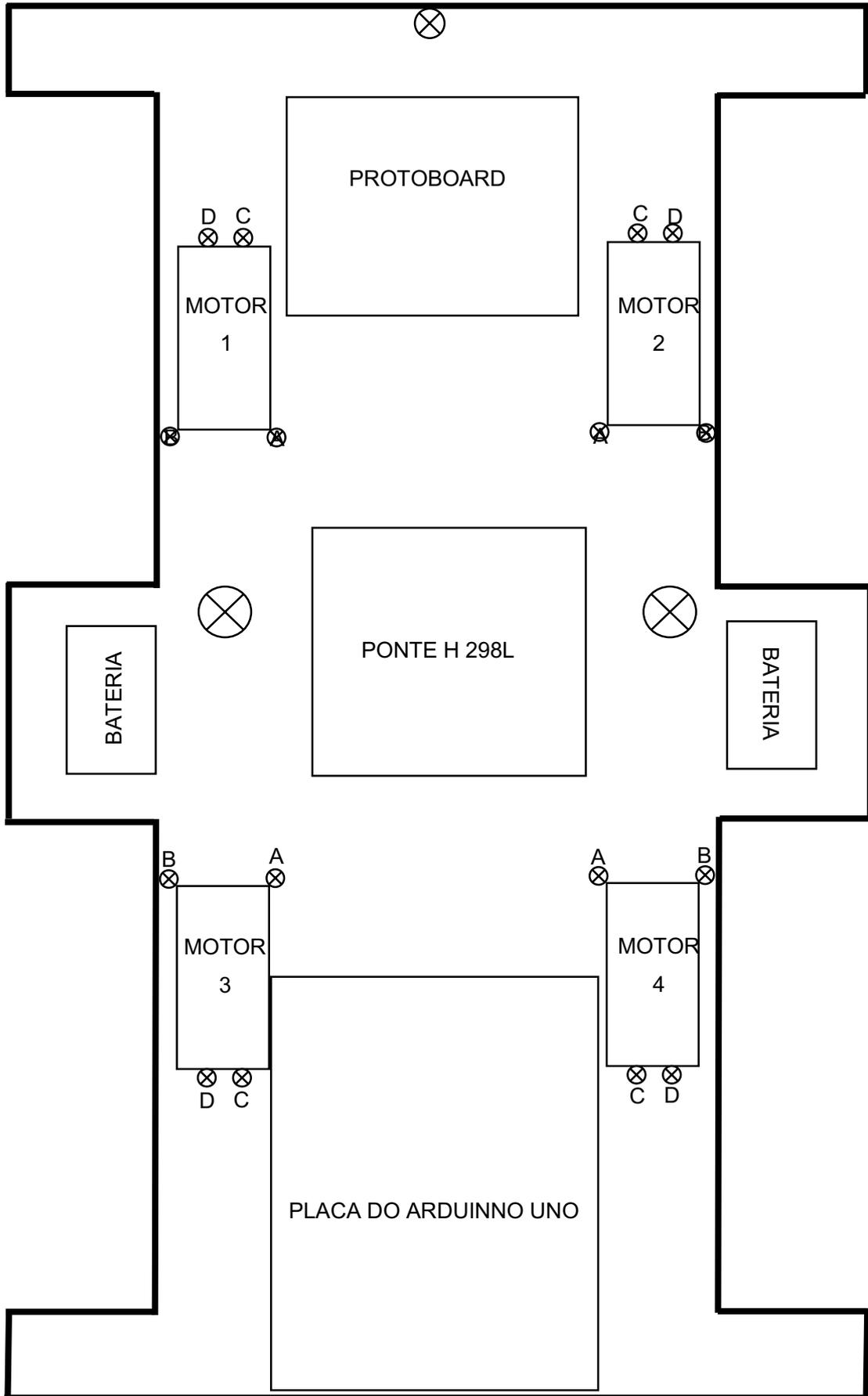
Apêndice C - Molde da superior frontal



Apêndice D - Molde da superior trazeira



Apêndice E - Molde da base



Apêndice F - Programação para o carrinho

O programa a seguir deve ser copiado e colado no Arduino IDE para, em seguida, ser carregado no Arduino via cabo USB.

```
//Programa: Carrinho controlado remotamente
//Autor: Maicon Teixeira de Matos

//Portas no qual estaremos utilizando
// MOTORES ESQUERDOS
int IN1 = 4; //jumper cinza
int IN2 = 2; //jumper branco
int velocidadeA = 3; // jumper preto

//MOTORES DIREITOS
int IN3 = 5; //jumper rosa
int IN4 = 7; // jumper azul
int velocidadeB = 6; //jumper verde

//COMUNICAÇÃO VIA BLUETOOTH
char x;

void setup(){
//COMUNICAÇÃO COM A SERIAL
Serial.begin(9600);
//DEFININDO OS PINOS DE SAIDAS
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(velocidadeA, OUTPUT);
pinMode(velocidadeB, OUTPUT);
}

void loop()
{
x = Serial.read();
if(x=='f') {
//Gira os motores para frente (FRONT)
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(velocidadeA,250);
digitalWrite(IN3, HIGH);
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(velocidadeB,250);
}
if(x=='r') {
//Gira os motores direita (RIGHT)
digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(velocidadeA,200);
digitalWrite(IN3, HIGH);
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(velocidadeB,200);
}

if(x=='s') {
//Os motores param (STOP)
digitalWrite(IN1, LOW);
digitalWrite(IN2, LOW);
```

```
    analogWrite(velocidadeA,0);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    analogWrite(velocidadeB,0);
}

if(x=='l') {
    //Gira os motores esquerda (LEFT)
    digitalWrite(IN1,HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    analogWrite(velocidadeA,200);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4,HIGH);
    analogWrite(velocidadeB,200);
}

if(x=='c') {
    //Os motores voltar (COME BACK)
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    analogWrite(velocidadeA,250);
    digitalWrite(IN3,LOW);
    digitalWrite(IN4,HIGH);
    analogWrite(velocidadeB,250);
}
}
```

Apêndice G - Programação do carrinho comentada

A programação utilizada no carrinho controlado remotamente, sendo está uma forma de dizer para um computador o que ele deve fazer, este deve conter uma sequência de comandos que o programa deve executar, afim de realizar a tarefa desejada.

Os computadores por maiores avanços tecnológicos que tenha alcançados não conseguem entender diretamente a nossa linguagem, necessitamos para isso de um ambiente especial para fazer que o computador entenda o que desejamos que ele faça, este ambiente, chamado de linguagem de programação, existem muitas delas, neste caso específico iremos trabalhar a programação em Arduino.

Esta sequência de comandos será escrita no aplicativo do Arduino *Desktop* IDE que será escrita na forma de um arquivo de texto contendo códigos, introduções e declarações de *shield* usados na montagem, também conhecida como *sketch*, será compilada pelo aplicativo e convertida em um programa para a linguagem da máquina, onde somente o aplicativo do Arduino entenderá, esta ação de conversão dos dados em para a máquina é chamado de compilar.

Este conjunto de códigos ou introduções é conhecido como programação, na linguagem do Arduino precisamos fazer uma declaração de variável, esta declaração de variável é um recurso utilizado para armazenar dados em um programa de computador na sua memória, assim ao declararmos uma variável ela representará uma região da memória que será utilizada para o armazenamento desta informação.

Primeiramente o que faremos na programação é colocar no início do programa, uma observação sobre o nome do programa, a sua função e quem o nome do programador que à criou.

```
//Programa: Carrinho controlado remotamente
```

```
//Autor: Maicon Teixeira de Matos
```

As informações que estão colocadas depois de um par de barras duplas, são comentário de texto no programa que serve apenas para explicar, ou seja, documentar o código, lembretes para a função ou nome que colocamos para os programas sem executar nenhum tipo de comando,

Nesta parte da programação estão definindo as variáveis do tipo inteira, que serão usados para as conexões com os motores e a regulagem de velocidade.

```
//Portas no qual estaremos utilizando
```

```
// MOTORES ESQUERDOS
```

```
int IN1 = 4; //jumper cinza
```

```
int IN2 = 2; //jumper branco
```

```
int velocidadeA = 3; // jumper preto
```

```
//MOTORES DIREITOS
```

```
int IN3 = 5; //jumper rosa
```

```
int IN4 = 7; // jumper azul
```

```
int velocidadeB = 6; //jumper verde
```

O motor_A declarado no comentário, onde estão conectados aos pinos 2, 3 e 4 no Arduino, movimenta as rodas do lado esquerdo do carrinho. O motor_B, conectados aos pinos 5, 6 e 7 no Arduino movimenta as rodas do lado direito.

Estas linhas de código, só conectadas aos motores através dos pinos 4, 2, 6 e 7 do Arduino respectivamente e as velocidades destes motores podem ser variadas conforme a programação, mas esta informação chegará ao Arduino pelos pinos 3 e 5 dos motores respectivamente, pois são pinos PWN onde é possível realizar modificações da velocidade de rotação dos motores, assim esta informação será armazenar para usar ao longo do programa.

Tendo a necessidade de variar a velocidade dos motores, devemos modificar os comandos dos códigos da programação em cada *if* da programação na linha, mostrada abaixo:

```
analogWrite(velocidadeA,250);
```

```
analogWrite(velocidadeB,250);
```

Os valores que podem ser utilizados pelo Arduino para o controle da velocidade é um valor inteiro armazenado em 8 bits, variam de 0 até 255.

Para a comunicação com o módulo *bluetooth* foi utilizado uma variável do tipo char, quando acionada pelo comando direcional aplicativo que controla o deslocamento do carrinho, que enviará um caractere como comando ao Arduino, que será recebido no comando abaixo, detalhado na função *loop*.

```
char x;
```

A função *void setup* é executada uma única vez na programação, sempre que a placa do Arduino for ligada ou religada.

```
void setup() {
```

A primeira função a ser utilizada ao se trabalhar com o Arduino, sendo que a velocidade da taxa de comunicação em Bits por segundo entre a placa de Arduino e o programa.

```
//Comunica com a serial
```

```
Serial.begin(9600);
```

Esta função chamada de *pinMode* pode configurar um determinado pino como sendo de entrada (INPUT) ou saída (OUTPUT).

Na programação apresentada todos pinos estão configurados com saída de dados.

```
//Define os pinos como saida
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(velocidadeA, OUTPUT);
pinMode(velocidadeB, OUTPUT);
}
```

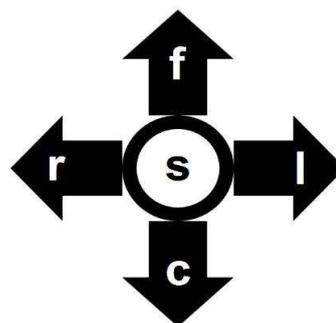
Depois de realizar os comandos da função setup, o programa busca no código de comando pertencentes a função loop.

Estas instruções são enviadas ao Arduino através do aplicativo utilizando para controlar remotamente o carrinho.

Cada botão do aplicativo, quando acionado está programado para enviar um caractere, via comunicação *bluetooth* ao Arduino, sendo este o responsável pelo controle direcional do carrinho.

Os caracteres responsáveis pelos comandos direcionais são as iniciais minúsculas dos comandos: *fronte* “f”, *right* ”r”, *stop* “s”, *left* ”l” e *come back* “c” como mostra a Figura 142.

Figura 142 - Controle com as letras de comando.



Fonte: O autor

```
void loop()
{
  x = Serial.read();
```

O comando *if* na estrutura da programação tem a finalidade de verificação na programação, se isso for verdade, execute tal comando. No caso desta programação, se o botão do direcional do

aplicativo de controle for pressionado com a intenção de mandar o carrinho ir a frente, será enviado “F” pelo aplicativo por meio da comunicação via *bluetooth*, assim a programação realizada entenderá que deve acionar os motores de modo que o carrinho controlado remotamente ande para frente, se não busque a próxima função declarada na sua programação para executar uma tarefa.

A lógica da programação é muito simples, pois se a condição for verdadeira, os comandos descritos entre { e }, esta função ficará em loop esperando receber um novo comando.

```
if(x=='f') {
  //Gira os motores para frente (FRONT)
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,250);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,250);
}
```

Dentro da estrutura de programação buscará qual dos *if* é a condição verdadeira solicitada pelo aplicativo direcional do carrinho a ser executada, assim os comandos descritos nesta parte da programação serão realizados, estes comandos estão escritos dentre os parênteses.

```
if(x=='f') {
  //Gira os motores para frente (FRONT)
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,250);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,250);
}
```

Em cada estrutura do comando *if*, temos descritas o que deve ser executados nos motores, isto é, ligando o desligando os pinos, para que estes façam os carrinhos se movimentar da forma desejada.

Esta será realizada nos `digitalWrite`, este parâmetro de comando define que tipo de pino e o valor.

Nesta programação os `digitalWrite` estão buscando nas variáveis declaradas `int` e ser este pino deve ser `HIGH`, ligado ou `LOW`, desligado.

A função `analogWrite` também tem dois parâmetros, sendo as variáveis onde informaremos o valor de rotação do motor, isto é, controlando este valor controlamos a velocidade de rotação do motor, conseqüentemente a velocidade que o carrinho controlado remotamente vai ter. Este controle só é possível de ser realizado pois o pino utilizado nesta conexão é do tipo `PWN`, assim podemos varia o valor de 0 até 255.

Esta lógica de programação utilizada para escrever o primeiro *if*, foi replicada aos outros blocos de programação, variando os pinos que estavam sendo ligados e desligados e a valor atribuído a rotação do motor, como podemos observar no restante da programação descrita abaixo.

```

if(x=='r') {
  //Gira os motores direita (RIGHT)
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  analogWrite(velocidadeA,200);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,200);
}
if(x=='s') {
  //Os motores param (STOP)
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,0);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  analogWrite(velocidadeB,0);
}
if(x=='l') {
  //Gira os motores esquerda (LEFT)
  digitalWrite(IN1,HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(velocidadeA,200);

```

```
digitalWrite(IN3, LOW);  
digitalWrite(IN4, HIGH);  
analogWrite(velocidadeB, 200);  
}  
if(x=='c') {  
  //Os motores voltar (COME BACK)  
  digitalWrite(IN1, LOW);  
  digitalWrite(IN2, HIGH);  
  analogWrite(velocidadeA, 250);  
  digitalWrite(IN3, LOW);  
  digitalWrite(IN4, HIGH);  
  analogWrite(velocidadeB, 250);  
}  
}
```

Apêndice H - Relatório de atividade**TURMA:****DATA:**

EDUCANDO (A): _____

NOME DA ATIVIDADE:**INTRODUÇÃO:** (Fazer uma breve explicação dos conceitos envolvidos na atividade).**MATERIAL UTILIZADO:** (Listar todos os materiais usados para a montagem da atividade).**OBJETIVO DA ATIVIDADE:** (Descrever qual o objetivo a ser estudado na atividade proposta).

PROCEDIMENTO: (Descrever o passo a passos para a montagem da atividade).

CONCLUSÕES DA ATIVIDADE: (Escrever com as próprias palavras o que aprendemos com a atividade).

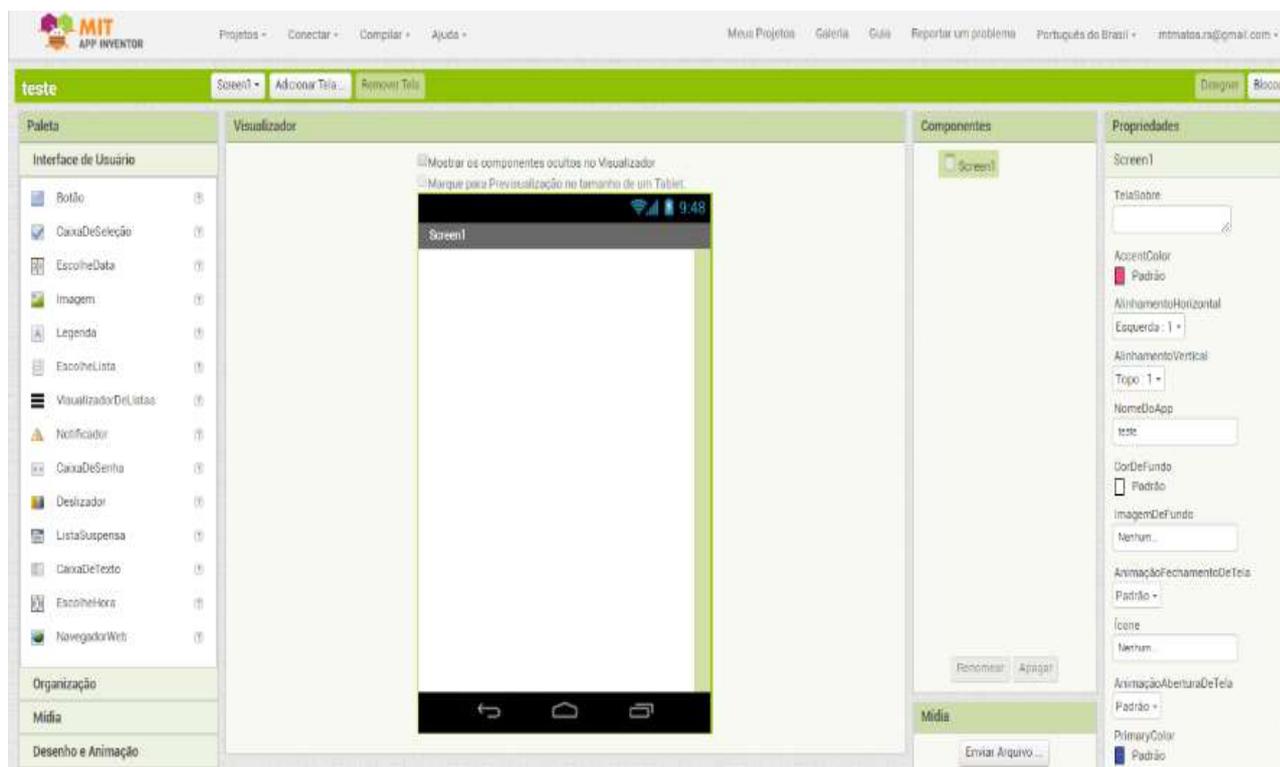
ILUSTRAÇÃO DA ATIVIDADE:

Apêndice I - Programação do aplicativo

O Massachusetts Institute of Technology desenvolvedora do aplicativo (MIT APP Inventor) disponível neste endereço (<http://ai2.appinventor.mit.edu/>) é um ambiente de programação gráfica que permite a criação de aplicativos para as mais variadas formas de plataformas, esta versatilidade foi preponderante para a escolha deste software para o criação e desenvolvimento da interface gráfica do aplicativo deste projeto. Para a sua utilização somente é necessária o login com uma conta de e-mail do tipo Gmail, um serviço gratuito de E-mail da empresa Google.

A Figura 143 mostra o aspecto da interface gráfica do ambiente de desenvolvimento MIT APP Inventor.

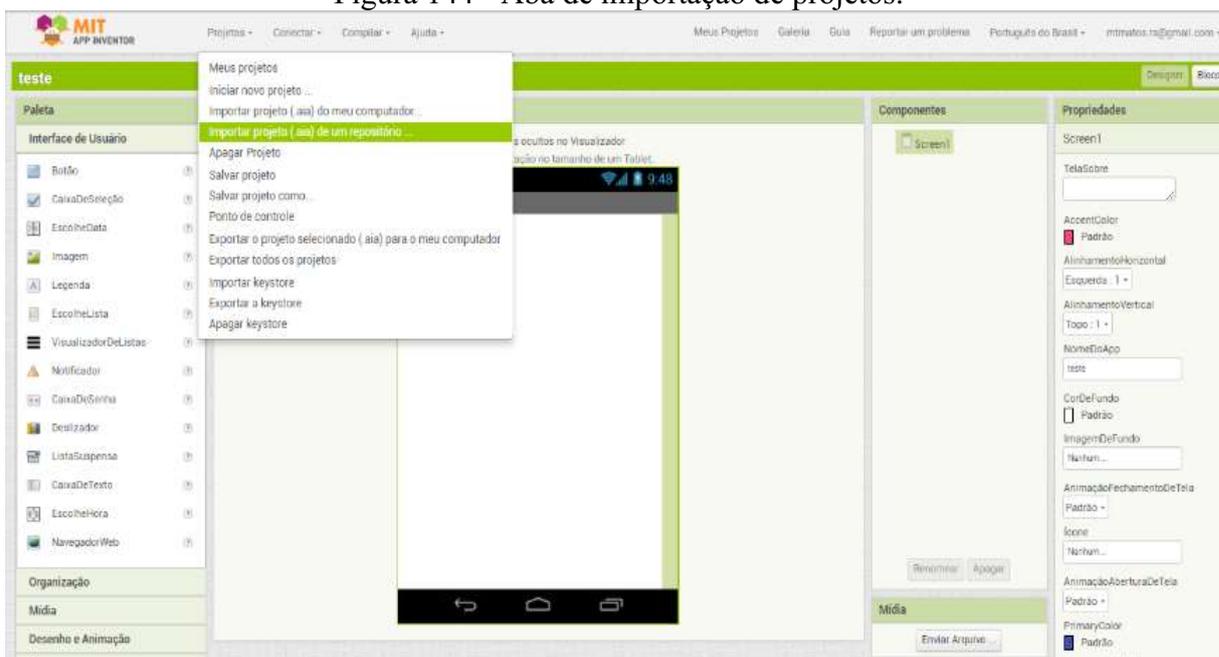
Figura 143 - Interface gráfica do MIT APP Inventor.



Fonte: O autor

Com o MIT APP Inventor aberto, clic em: Projetos → Importa projetos de um repositório, como mostrado na Figura 144.

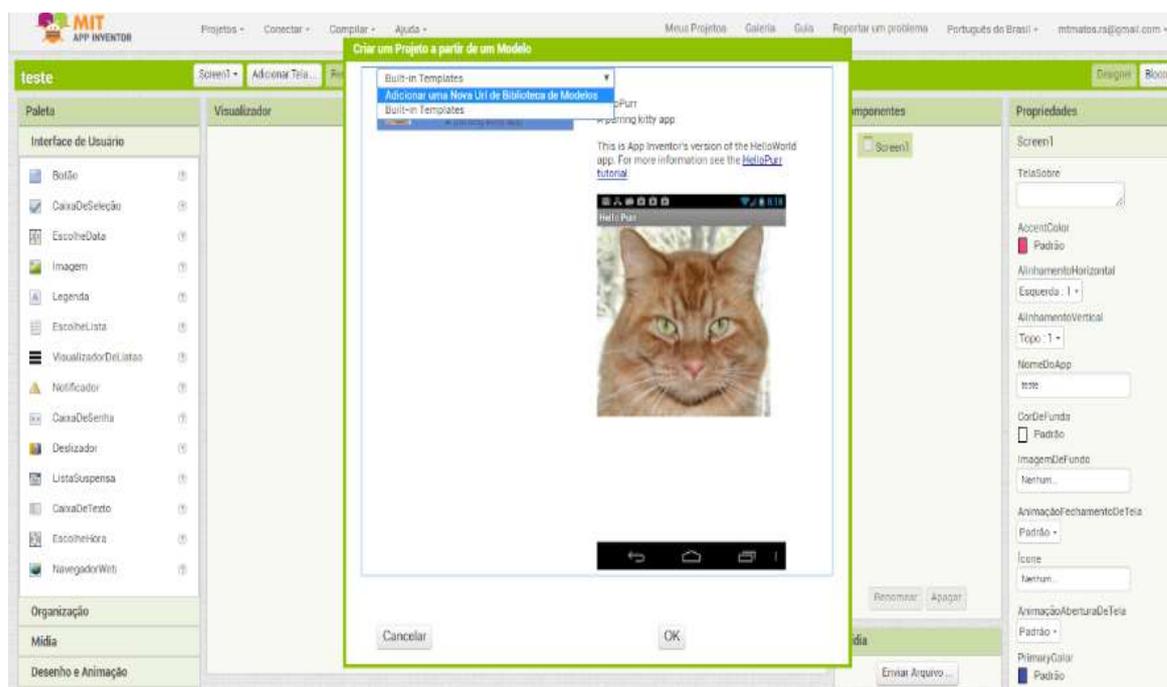
Figura 144 - Aba de importação de projetos.



Fonte: O autor

Neste momento abrirá uma nova janela criar uma janela a partir de um modelo onde devemos selecionar a opção de adicionar uma novo URL (*Uniform Resource Locator*) na biblioteca de modelos conforme a Figura 145.

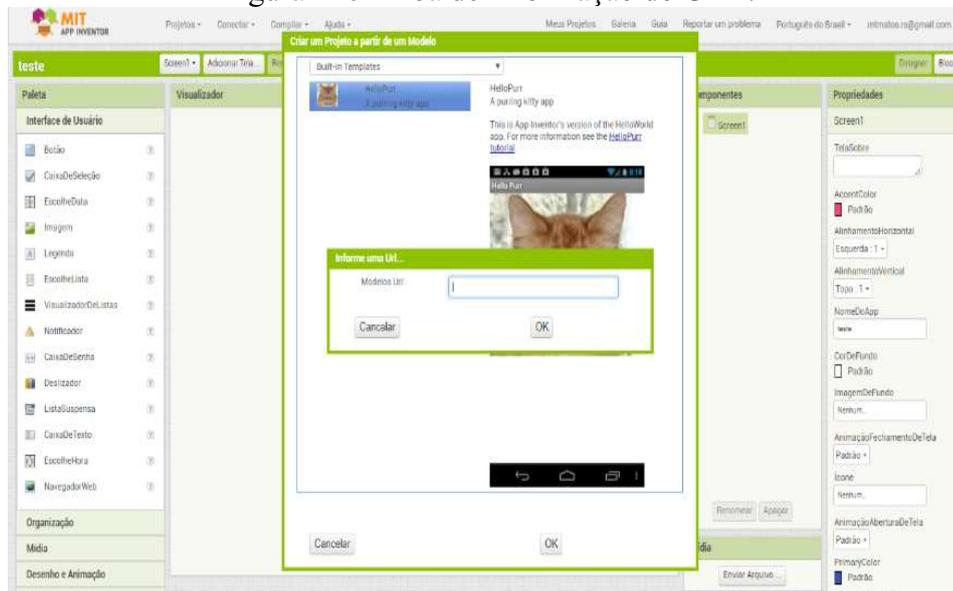
Figura 145 - Janela de adicionar um URL.



Fonte: O autor

Neste momento, insira o endereço (_____) no local indicado na Figura 146 e pressionando a caixa de diálogo: ok.

Figura 146 - Aba de informação do URL.



Fonte: O autor

O MIT APP Inventor importará da biblioteca o arquivo do aplicativo Controle C, conforme a Figura 147 que permitirá gerar o controle remoto do carrinho e se achar necessário mudar algumas informações do *layout* do aplicativo.

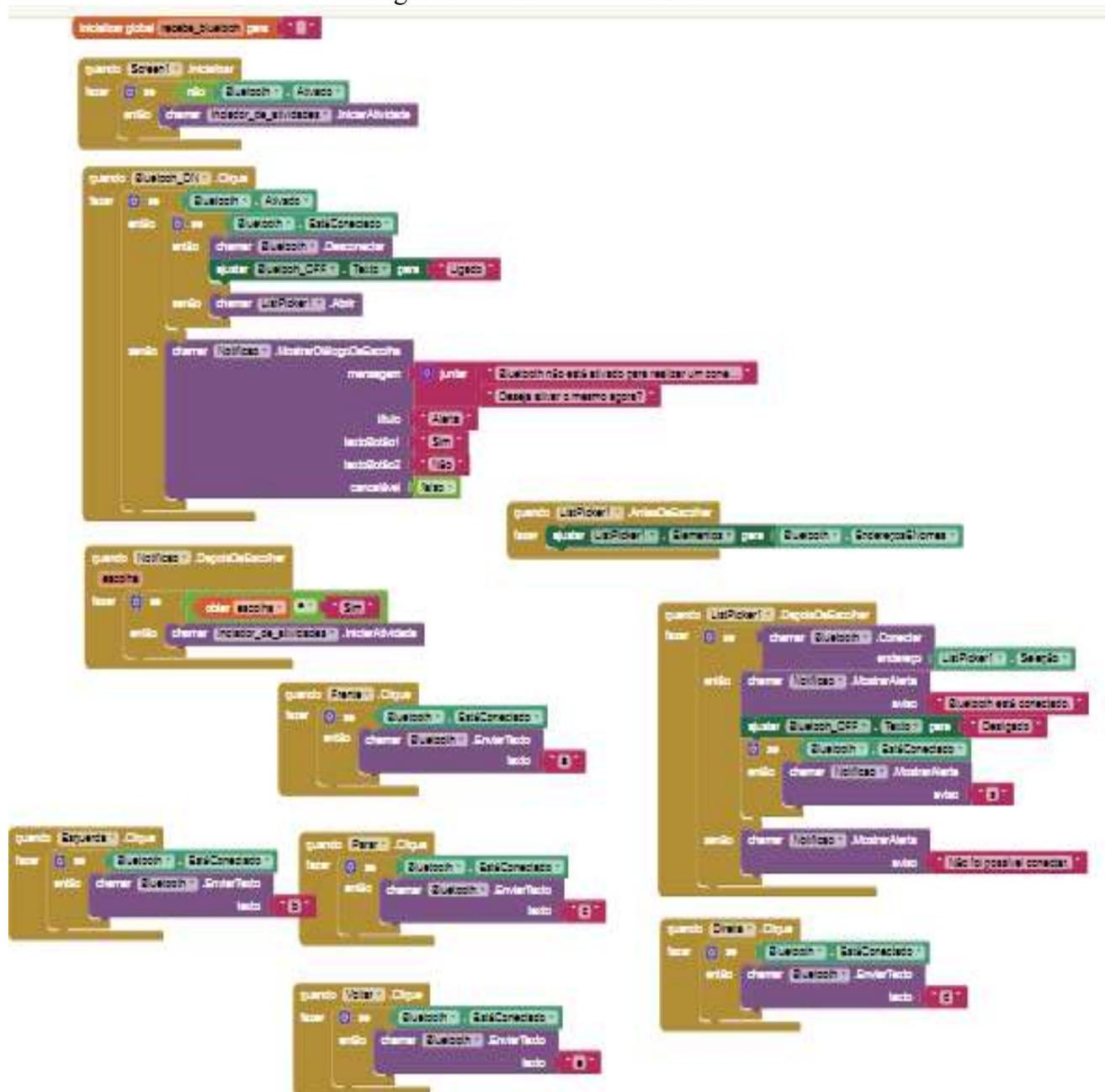
Figura 147 - Tela com o aplicativo importado.



Fonte: O autor

A programação do aplicativo foi realizada por meio da programação de blocos lógicos, onde cada comando de cada tecla é feito separadamente, como mostra a Figura 148.

Figura 148 - Blocos de comando.

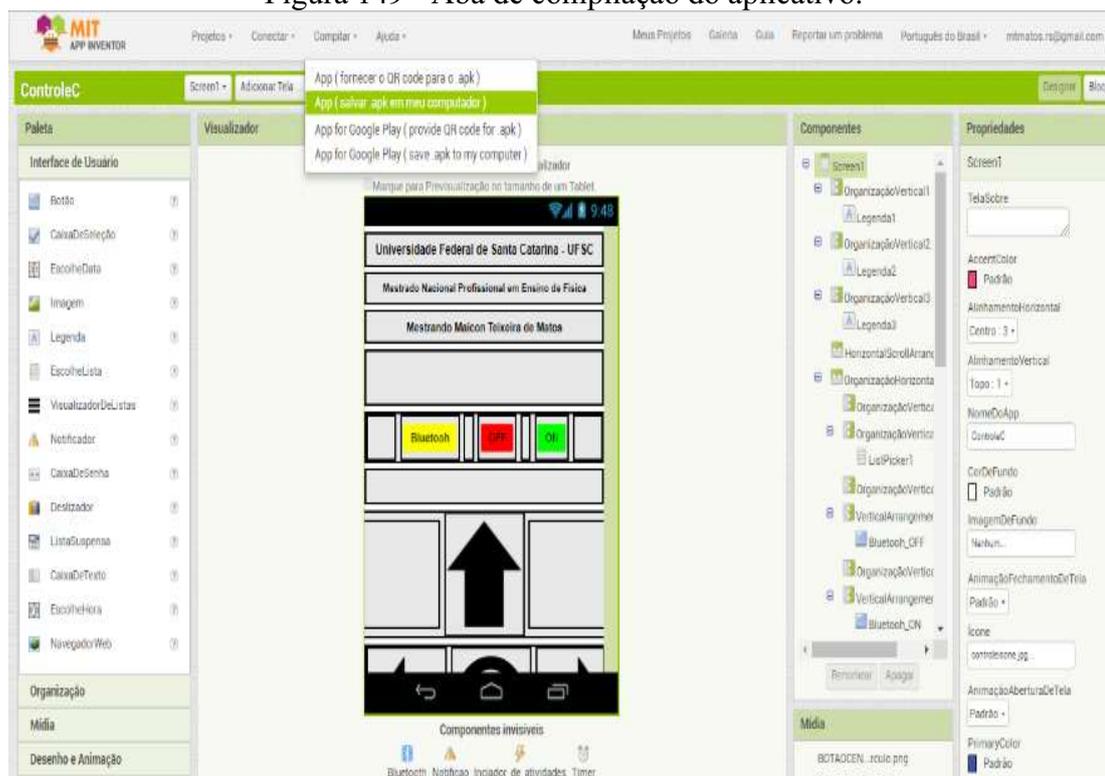


Fonte: O autor

Realizada esta importação, devemos compilar o programa e salvar este no computador para após, através de um cabo USB transmitir este para o celular onde deverá ser executado.

Para compilar o aplicativo devemos clicar em: Compilar → App (salvar.apk em computador), como mostra a Figura 149.

Figura 149 - Aba de compilação do aplicativo.



Fonte: O autor

Com o término da compilação do aplicativo este criará um ícone do executável no local onde foi salvo no computador, conforme a **Figura 150 - Arquivo executável do programa.** Figura 150

Figura 150 - Arquivo executável do programa.



ControleC.apk

Fonte: O autor

O executável deve ser enviado para o celular e instalado, assim servindo de controle do carrinho, este envio será realizado com o auxílio de um cabo de dados do celular conectado na porta USB do computador e copiando o aplicativo em uma pasta. Ao término do envio, deveremos executar o aplicativo e instalar no celular o seu *layout*, instalado ficará como na Figura 151.

Figura 151 - Layout do aplicativo instalado.



Fonte: O autor

Uma outra alternativa de obter o aplicativo de controle do carrinho será instalando-o diretamente através da loja da *Play Store*, buscando pelo nome do aplicativo: Controle C, baixando assim diretamente no celular.

Apêndice J - Relatório de atividade**TURMA:****DATA:**

EDUCANDO (A): _____

NOME DA ATIVIDADE:**INTRODUÇÃO:** (Fazer uma breve explicação dos conceitos envolvidos na atividade).**MATERIAL UTILIZADO:** (Listar todos os materiais usados para a montagem da atividade).**OBJETIVO DA ATIVIDADE:** (Descrever qual o objetivo a ser estudado na atividade proposta).

PROCEDIMENTO: (Descrever o passo a passos para a montagem da atividade).

CONCLUSÕES DA ATIVIDADE: (Escrever com as próprias palavras o que aprendemos com a atividade).

ILUSTRAÇÃO DA ATIVIDADE:

Apêndice K - Modelo de relatório força de tração

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 1 – FORÇA DE TRAÇÃO

- f) O carrinho controlado remotamente será que conseguiu mover a estrutura onde foi ancorado?
Por quê?
- g) O fio que estava conectando o carrinho controlado remotamente à estrutura pode vir a se romper? O que poderia ter acontecido? Explique?
- h) Qual seria o peso máximo que o carrinho controlado remotamente poderia rebocar?
Explique?
- i) Você conseguiu identificar alguma dessas atividades no seu cotidiano? Se sim, qual?
Explique.
- j) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice L - Modelo de relatório polias fixa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 2 - POLIAFIXA

- g) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?
- h) Existe alguma forma do carrinho controlado remotamente conseguir levantar pesos maiores que este utilizados? Explique.
- i) Qual a função da polia fixa para o movimento de massa? Explique.
- j) Qual a relação entre os deslocamentos do carrinho controlado remotamente e a massa a ser içada?
- k) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.
- l) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice M - Modelo de relatório polias móveis

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 3 - POLIAS MÓVEIS

- h) O carrinho controlado remotamente conseguiu levantar todos os pesos colocados para serem rebocados por ele? Por que?
- i) Qual a finalidade das polias presas na parte inferior e superior da estrutura? Explique.
- j) Qual a função da polia móvel para o movimento de massa? Explique
- k) Qual a diferença entre usar a polia fixa e a polia móvel? Explique.
- l) Os valores registrados no visor do da balança digital e massa utilizadas como peso para ser movimentada foram iguais? Por que? Explique?
- m) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique?
- n) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

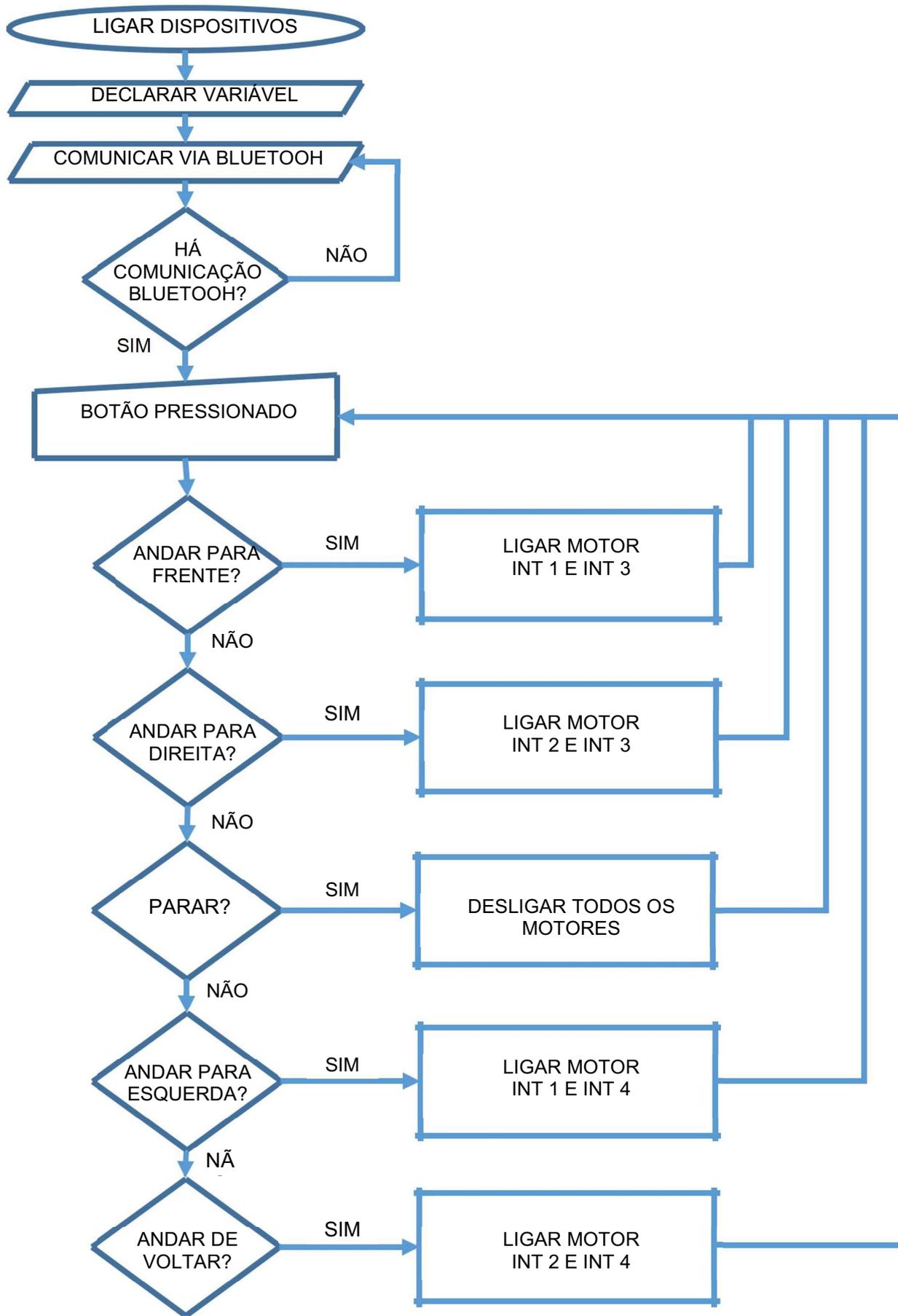
Apêndice N - Modelo de relatório para associação de polias móveis

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO ARARANGUÁ MESTRANDO: MAICON TEIXEIRA DE MATOS.
PROJETO DE PESQUISA: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA -
CONTRUÇÃO DE CARRINHO CONTROLADO REMOTAMENTE PARA ESTUDO DE DINÂMICA.

ATIVIDADE 4 - ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS

- g) Qual a função da associação de polias para a realização da movimentação de grandes massas? Explique.
- h) Utilizando o sistema de polias, é possível determinar o peso máximo que o carrinho consegue levantar o peso?
- i) Quantas polias móveis seriam necessárias para o carrinho controlado remotamente conseguir levantar um peso de massa 2 kgf? Demonstre.
- j) O que seria necessário fazer para que o carrinho controlado remotamente mover um peso de 2 kgf com polias fixas? Explique.
- k) Existe alguma (as) aplicação(ões) que você conhece desta atividade que acabou de realizar no seu cotidiano? Qual? Explique.
- l) Faça a representação dos vetores de força presentes nesta montagem.

Apêndice O - Lógica de programação



Apêndice P - Molde da base para corte a laser

