



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E  
TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM  
MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL



MARCELO PIRES DA SILVA

**ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE NO 9º ANO DO ENSINO BÁSICO:**  
Uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática

CATALÃO  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

### TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação  Tese

#### 2. Nome completo do autor

Marcelo Pires da Silva

#### 3. Título do trabalho

*ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE NO 9º ANO DO ENSINO BÁSICO: Uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática.*

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM  NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
  - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Da Costa Barbosa, Professor do Magistério Superior**, em 19/03/2021, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO PIRES DA SILVA, Discente**, em 19/03/2021, às 15:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1955337** e o código CRC **26624F0B**.  
Referência: Processo nº 23070.011897/2021-10 SEI nº 1955337

MARCELO PIRES DA SILVA

**ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE NO 9º ANO DO ENSINO BÁSICO:**  
Uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional da Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Matemática.

Área de concentração: Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa

CATALÃO  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Pires, Marcelo  
ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE NO 9º ANO DO ENSINO BÁSICO [manuscrito] : Uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática / Marcelo Pires. - 2021. CLXXXIV, 184 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia, PROFMAT - Programa de Pós-graduação em Matemática em Rede Nacional - Sociedade Brasileira de Matemática (RG), Catalão, 2021.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, lista de figuras.

1. Robótica Educacional Livre. 2. Arduino. 3. Ensino de Matemática. 4. Ensino de Física. 5. Ensino Básico. I. Barbosa, Fernando da Costa, orient. II. Título.

CDU 51:37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 21 da sessão de Defesa de Dissertação de **Marcelo Pires da Silva**, que confere o título de Mestre(a) em **Matemática**, área de concentração **Ensino de Matemática**.

Em **dezenove de março de 2021**, às **14 horas**, reuniram-se, pelo link do Google Meet (meet.google.com/gjw-qbon-qxu), os componentes da banca examinadora, docentes **Dr. Fernando da Costa Barbosa (IMTec/RC/UFG - UFCAT em transição), orientador, Dra. Élide Alves da Silva (IMTec/RC/UFG - UFCAT em transição) e Dr. Deive Barbosa Alves (UFT)**, para, em sessão pública, procederem à avaliação da Dissertação intitulada "**ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE NO 9º ANO DO ENSINO BÁSICO: Uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática**", de autoria de **Marcelo Pires da Silva**, discente do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da "RC/UFG - UFCAT em transição". A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da banca. Em seguida, a palavra foi concedida ao discente que procedeu com a apresentação em 24 minutos. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinando(a). Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da Dissertação, que foi considerada **Aprovada**. Cumpridas as formalidades de pauta, às 15 horas e 42 minutos, a presidência da mesa encerrou a sessão e, para constar, lavrou-se a presente ata que, depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da banca examinadora e pelo discente.

Obs.: "*Banca Examinadora de Qualificação/Defesa Pública de Dissertação/Tese realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu segundo artigo:*

*Art. 2º A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo programa de pós-graduação stricto sensu, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação.*"

### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Da Costa Barbosa, Professor do Magistério Superior**, em 19/03/2021, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Élide Alves Da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 19/03/2021, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deive Barbosa Alves, Usuário Externo**, em 19/03/2021, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO PIRES DA SILVA, Discente**, em 19/03/2021, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1924808** e o código CRC **FE95B19C**.

*Dedico este trabalho in memoriam a minha mãe, Maria Aparecida Pires, "Cici", pela dedicação, força e carinho. Por mostrar que através do Estudo e Trabalho, se pode descobrir e melhorar nosso mundo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus familiares, meus pais, tios e irmão, minha namorada, por entender e ajudar no processo de desenvolvimento deste trabalho. A meu tio Romeu e Madrinha Sônia por nos incentivar a conquistar nossos sonhos através dos estudos.

Meu Orientador, Dr. Fernando da Costa Barbosa, pela paciência, companheirismo, por se fazer ser uma luz norteadora em nosso trabalho, que nos orienta.

Professora Dr<sup>a</sup>. Élide Alves, por nos permitir realizar esse trabalho, dentro de seu projeto de pesquisa.

Aos meus Professores do Mestrado ProfMat, pelo tempo, dedicação e paixão por aquilo que estavam ensinando.

Gostaria também de externar meus agradecimentos ao Comandante Capitão Paulo Roberto e ao Coordenador Geral de Ensino, Professor Carlos Humberto Ferreira, por nos permitir realizar esta pesquisa na Instituição e a quem tenho grande estima, bem como aos meus colegas de trabalho.

Aos estudantes que participaram da pesquisa, bem como, também, a seus responsáveis, por permiti-los participarem.

A SBM e a UFG/UFCAT, por nos permitir o ingresso e a busca pelo conhecimento e o desenvolver deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do ProfMat, Eduardo Estevão, Fabrício Fernandes e Leandro Mendes, dentre outros, que apesar das dificuldades, sempre estavam dispostos, apesar do perigo e circunstâncias dos caminhos, em buscar conhecimento para melhorar nossas vidas e nossa comunidade.

## RESUMO

Esta presente pesquisa, busca avaliar/entender como a Robótica Educacional, em uma Perspectiva/Filosofia Livre, pode ser utilizada para o ensino e aprendizado de Física e Matemática no Ensino Básico. Para isso, trabalhamos com estudantes do ensino Fundamental II, especificamente do 9º Ano, de uma Instituição de Ensino pública. Os materiais robóticos utilizados, atendiam a ideia de serem: Hardwares e Softwares, ambos Livres. Para isso foi proposto a utilização do Arduino, sucatas e outros materiais livres. Foram desenvolvidas aulas, sequências didáticas com montagens, para que os participantes realizassem a produção dos Robôs, cujas aulas foram aplicadas depois de suas aulas normais, de uma a duas aulas por semana. Esse trabalho resultou nesta dissertação, uma pesquisa, como metodologia o método de Estudo de Caso, com análise qualitativa dos dados. Nosso estudo baseou-se em um Estudo de Caso Único, com unidades integradas de análise, tendo como caso as Aulas desenvolvidas de Robótica Pedagógica Livre, que contém duas unidades integradas de análise: As aulas de desenvolvimento e montagem do Robô seguidor de linha, bem como, a construção e desenvolvimento de robôs ultrassônicos, por meio de Arduino e Sensor Ultrassônico. Para a obtenção e armazenamento de dados, utilizou-se de Documentação em forma de Questionários, Registro em arquivos em forma de Imagens/Fotografias, Vídeos, Arquivos de Áudios, Entrevistas, Observações diretas, Observação participante e os Artefatos Físicos produzidos pelos participantes. Para a análise de dados, utilizamos a estratégia geral para análise de dados, a proposição teórica de tratar os dados “a partir do zero”. Para o modelo de análise específico utilizamos de modelos lógicos, de nível individual para nível organizacional. A partir de sequências de montagens, foram desenvolvidos um robô seguidor de linha transistorizado, após modificação, passou a ser controlado por Arduino e robôs utilizando do Arduino e Sensor Ultrassônico, que foi utilizado para determinar a velocidade do som em determinado ambiente e que modificado para calcular distâncias, por meio das Ondas Ultrassônicas e para funcionar como Sensor de Ré/Sensor de Presença. Com isso, após análise de dados, observamos que por parte das aulas de Robótica Educacional Livre, além de promover a aprendizagem pela manipulação do aparato, promoveu-se Aprendizagem pela tentativa da correção do erro, acarretada pelo engajamento comportamental/social, engajamento cognitivo e engajamento emocional, proporcionando a aprendizagem, socialização, crescimento pessoal e intelectual.

**Palavras-chave:** Robótica Educacional Livre. Arduino. Ensino de Matemática. Ensino de Física. Ensino Básico.

## ABSTRACT

This research seeks to evaluate/understand how Educational Robotics, in a Free Philosophy/Perspective, can be used for teaching and learning Physics and Mathematics in Basic Education. For this, we work with students from Elementary School II, specifically from the 9th grade, from a public educational institution. The robotic materials used, met the idea of being: Hardware's and Software's, both Free. For this purpose, it was proposed to use Arduino, scraps and other free materials. Classes were developed, didactic sequences with assemblies, so that the participants could carry out the production of the Robots, whose classes were applied in the after of the classes, from one to two classes per week. This work resulted in this dissertation, a research, as a methodology the Case Study method, with qualitative analysis of the data. Our study was based on a Single Case Study, with integrated units of analysis, having as a case the Lessons developed of Free Pedagogical Robotics, which contains two integrated units of analysis: The development and assembly classes of the Line Follower Robot, as well such as the construction and development of ultrasonic robots, through Arduino and Ultrasonic Sensor. For obtaining and storing data, it was used Documentation in the form of Questionnaires, Record in files in the form of Images/Photos, Videos, Audio Files, Interviews, Direct Observations, Participant Observation and the Physical Artifacts produced by the participants. For data analysis, we use the general strategy for data analysis, the theoretical proposition of treating data "from scratch". For the specific analysis model, we use logical models, from individual to organizational level. From assembling sequences, a transistorized line follower robot was developed, after modification, started to be controlled by Arduino and robots using the Arduino and Ultrasonic Sensor, which was used to determine the speed of sound in a certain environment, and which was modified for calculate distances by means of Ultrasonic Waves and to function as a D/Presence Sensor. Thus, after data analysis, we observed that, in addition to the Free Educational Robotics classes, in addition to promoting learning by manipulating the apparatus, Learning was promoted by attempting to correct the error, caused by behavioral/social engagement, cognitive engagement and emotional engagement, providing learning, socialization, personal and intellectual growth.

**Keywords:** Free Educational Robotics. Arduino. Mathematics teaching. Physics teaching. Basic education.

## Índice de Figuras

Figura 2.1: Horizon Energy box.....	33
Figura 2.2: Peças do <i>kit</i> Arduino Uno R3 Starter adquirido no Aliexpress.....	34
Figura 2.3: Arduino Uno.....	36
Figura 2.4: Circuito Arduino, resistor e LED.....	37
Figura 2.5: Aparência do IDE Arduino no Ubuntu 20.04.01 LTS.....	39
Figura 2.6: Programa de controle de <i>LED</i> no Arduino.....	40
Figura 2.7: <i>Banana Pi</i> M4.....	43
Figura 2.8: Orange Pi PC Plus.....	44
Figura 2.9: Raspberry Pi Model 4 B.....	45
Figura 3.1: Tipos de projetos de estudo de caso.....	53
Figura 4.1: Distribuição das idades dos participantes.....	57
Figura 4.2: Origem Educacional dos participantes antes a implantação do Colégio Militar.....	58
Figura 4.3: O que os participantes gostam de fazer no computador.....	59
Figura 4.4: Nível de experiência dos estudantes com computadores.....	60
Figura 4.5: Relação dos estudantes que possui TV em casa e de que tipo.....	60
Figura 5.1: Resolvendo o problema da porta Serial ACM0 sem privilégios administrativos.....	67
Figura 5.2: Resolvendo o problema da porta Serial USB0 sem privilégios administrativos.....	67
Figura 5.3: Tela de <i>display</i> de ações da IDE Arduino.....	67
Figura 5.4: Exemplo de resistores de cores.....	71
Figura 5.5: Fórmula para obtenção da resistência de resistores de 4 faixas.....	71
Figura 5.6: Exemplo de resistores de cores.....	72
Figura 5.7: Resistor de 5 faixas.....	73
Figura 5.8: Fórmula para obtenção da resistência de um resistor de 5 faixas.....	74
Figura 5.9: Exemplo de função de 1º grau relacionando voltagem e valor de resistência.....	78
Figura 5.10: Aplicação de Função nos robôs pelo Arduino.....	80
Figura 5.11: Alguns prefixos matemáticos.....	81
Figura 5.12: Conjunto tracionador de papel HP.....	82

Figura 5.13: Conjunto tracionador após corte.....	83
Figura 5.14: Conjunto tracionador e "Pneus" do robô.....	84
Figura 5.15: Conjunto tracionador com "pneus" montados e mecanismo para manter os pinos fixos. .....	84
Figura 5.16: Tampa da fonte de computador pessoal planejada.....	85
Figura 5.17: Controle de volante do Robô seguidor de linha.....	85
Figura 5.18: Robô seguidor de linha sem controladores.....	86
Figura 5.19: Participante Geanelli montando circuito <i>LED</i> .....	88
Figura 5.20: Circuito <i>LED</i> montado pelo participante Geanelli.....	89
Figura 5.21: Sombra e Geanelli calculando o valor da resistência necessária no potenciômetro através de um multímetro.....	89
Figura 5.22: Circuito controlador de Velocidade com <i>LED</i> e <i>LDR</i> .....	92
Figura 5.23: Circuito controlador da velocidade do motor.....	93
Figura 5.24: Controle do motor com <i>LDR</i> .....	94
Figura 5.25: Circuito <i>LED</i> e <i>LDR</i> para acoplar no robô seguidor de Luz.....	96
Figura 5.26: Robô seguidor de linha após sua montagem.....	97
Figura 5.27: Robô seguidor de linha: sequência de frames.....	98
Figura 5.28: Participantes fazendo do uso do artefato robótico que construíram.....	99
Figura 5.29: Processo de tratamento de informação no robô.....	99
Figura 5.30: Circuito controlador dos motores com Arduino e driver L298N (Ponte H).....	101
Figura 5.31: Parte do circuito PullDown nas saídas dos <i>LDRs</i> e Alimentação do Arduino.....	102
Figura 5.32: <i>Hardware</i> do robô seguidor de linha.....	103
Figura 5.33: <i>Software</i> de controle do Robô seguidor de linha.....	104
Figura 5.34: Montagem do circuito controlador Arduino, L298N, <i>LEDs</i> e <i>LDRs</i> com "Pull down".....	105
Figura 5.35: Tratamento Matemático/Computacional no Robô seguidor de linha com Arduino.....	105
Figura 5.36: União do <i>Hardware</i> e <i>Software</i> do robô seguidor de linha.....	106
Figura 5.37: Circuito Arduino e sensor ultrassônico.....	107
Figura 5.38: Programa para o cálculo da velocidade do som no Arduino.....	108
Figura 5.39: Como funciona o Sensor Ultrassônico.....	109

Figura 5.40: Declaração das variáveis em que estão conectados os pinos trigger e echo.....	110
Figura 5.41: Configurando os pinos <i>trigger</i> e <i>echo</i> .....	110
Figura 5.42: Comando que faz o pino <i>trig_pin</i> receba (sensor) um valor Alto (5 V) por 20 microssegundos.....	111
Figura 5.43: Definindo o tempo de retorno, bem como fazendo sua leitura no pino <i>echo_pin</i> .....	111
Figura 5.44: Definindo a velocidade.....	112
Figura 5.45: Imprimindo no monitor serial a velocidade e sua unidade de medida.....	112
Figura 5.46: Conversão de unidade de medidas proposta pelo grupo Luz e Geanelli.....	113
Figura 5.47: Cálculo da distância grupo Luz e Geanelli.....	114
Figura 5.48: Forma em que a distância era representada no computador.....	117
Figura 5.49: Participante Luz e seu circuito sensor de ré.....	119
Figura 5.50: <i>Software</i> do robô sensor de distância com Buzzer.....	120
Figura 5.51: Evolução do robô: de cálculo da velocidade do som para um medidor de distância Ultrassônico.....	122
Figura 6.1: Satisfação dos estudantes em participar do projeto.....	124
Figura 6.2: Participante sombra sobre a satisfação em ter participado do projeto de pesquisa.....	124
Figura 6.3: Quantidade de Acertos do 1º questionário.....	130
Figura 6.4: Correlações entre os aprendizados.....	137
Figura 7.1: Espiral da Aprendizagem Criativa.....	139
Figura 7.2: Engajamento e suas consequências nas aulas de robótica.....	142
Figura 11.1: Loja de Aplicativos Debian.....	170
Figura 11.2: Loja de Aplicativos do Ubuntu.....	171
Figura 11.3: Busca por Arduino no Ubuntu <i>Software</i> .....	171
Figura 11.4: Resultado da pesquisa no Debian.....	171
Figura 11.5: Arduino na loja de Aplicativos Ubuntu <i>Software</i> .....	172
Figura 11.6: Download e instalação do Arduino Via Ubuntu <i>Software</i> .....	172
Figura 11.7: Instalando a IDE Arduino pelo modo de comando.....	173
Figura 11.8: Baixando o IDE Arduino do site Oficial.....	174
Figura 11.9: Extraindo os arquivos baixados do arquivo para uma pasta de fácil acesso.....	175

Figura 11.10: Sequências de comandos utilizados para a instalação em sistemas *Linux*.....176

## Índice de Quadros

Quadro 1: Quadro de identificação dos participantes.....	57
Quadro 2: O que os participantes gostam de fazer na Internet?.....	59
Quadro 3: O que mais gostam na Escola?.....	61
Quadro 4: O que os participantes sabiam de robótica antes do projeto de pesquisa.....	61
Quadro 5: Porque os participantes aceitaram em participar do projeto de pesquisa.....	62
Quadro 6: Características dos computadores utilizados no projeto.....	65
Quadro 8: Conteúdos onde se trabalha a velocidade, som e conversão de unidade de medidas conforme o SI, de acordo com o Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás de 2014.....	116
Quadro 9: O que você lembra de ter feito nas aulas de desenvolvimento do carrinho seguidor de linha?.....	125
Quadro 10: O que mais gostou de fazer?.....	125
Quadro 11: O que acha que poderia melhorar?.....	126
Quadro 12: Questão de nº 5 do verso da 1ª Prova.....	131
Quadro 13: Resposta da questão 6 do verso da 1ª prova.....	131
Quadro 14: Respostas obtidas dos participantes no 2º questionário.....	132
Quadro 15: Respostas das questões 7, 8 e 9 do 2º questionário.....	133
Quadro 16: O que os participantes acham que viram de Matemática.....	135
Quadro 17: O que os participantes acham que viram de Física.....	136

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AMD – Advanced Micro Devices**  
**ARM – Advanced RISC Machine**  
**BNCC – Base Nacional Curricular Comum**  
**DIY – Do it Yourself**  
**FCEM – Força Contra Eletromotriz**  
**FEM – Força Eletromotriz**  
**FSF – Free Software Foundation**  
**GNU – GNU's Not Unix**  
**IDE – Integrated Development Environment**  
**IFAM – Instituto Federal do Amazonas**  
**IFGO – Instituto Federal Goiano**  
**IFSP – Instituto Federal de São Paulo**  
**IFTM – Instituto Federal do Triângulo Mineiro**  
**IOT – Internet of Things – Internet das Coisas**  
**LED – Light Emitter Diode – Diodo Emissor de Luz**  
**LDR – Light Dependent Resistor – Resistor dependente de Luz**  
**MIT – Massachusetts Institute of Technology**  
**PWM – Pulse Width Modulation**  
**REL – Robótica Educacional Livre**  
**STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática)**  
**STEM – Science, Technology, Engineering e Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática)**  
**UFCat – Universidade Federal de Catalão**  
**UFG – Universidade Federal de Goiás**  
**USB – Universal Serial Bus**

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2. SOBRE ROBÓTICA EDUCACIONAL UM BREVE ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>24</b>
2.1 ROBÓTICA EDUCACIONAL.....	24
2.2 ROBÓTICA PEDAGÓGICA LIVRE.....	28
2.3 OS POSSÍVEIS MATERIAIS PARA ROBÓTICA EDUCACIONAL.....	32
<b>2.3.1 Arduino: o que é?.....</b>	<b>35</b>
2.3.1.1 - O que é um microcontrolador?.....	36
2.3.1.2 - Como controlar o microcontrolador?.....	38
<b>2.3.2 Por que Arduino e não um computador <i>Hardware</i> Livre?.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.3 - Alguns Microcomputadores de <i>Hardware</i> Livre.....</b>	<b>42</b>
2.3.3.1 - Banana pi.....	42
2.3.3.2 - Orange Pi.....	43
2.3.3.3 - Raspberry Pi.....	44
2.4 O TRABALHO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE DO ENSINO DE MATEMÁTICA.....	46
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>52</b>
<b>4. O CONTEXTO DA PESQUISA: COM QUEM, ONDE E COMO?.....</b>	<b>56</b>
4.1 DOS PARTICIPANTES.....	56
4.2 ONDE E COMO SE DESENVOLVEU O PROJETO.....	62
<b>5. SOBRE O PROJETO, DA CONSTRUÇÃO AOS RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
5.1 UM DELINEAMENTO DO CONTEXTO DO CASO EM ESTUDO: AS AULAS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE.....	64
5.2 PREPARATIVOS PARA INÍCIO DO PROJETO: PROBLEMAS QUE ENSINAM.....	65
5.3 DOS CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS/DESENVOLVIDOS NAS AULAS.....	68
<b>5.3.1 - Conhecimentos Físicos.....</b>	<b>68</b>

5.3.1.1 – Lei de Ohm.....	68
5.3.1.2 – Lei de Pouillet - Circuito Simples.....	69
5.3.1.3 – Resistores de Cores.....	70
5.3.1.4 – Ondas: Velocidade de propagação e propriedades.....	74
<b>5.3.2 – Conhecimentos Matemáticos.....</b>	<b>75</b>
5.3.2.1 – Ideia de Função, seus Tipos e gráficos.....	75
5.3.2.1-a – Função do Tipo Exponencial com Domínio Natural.....	76
5.3.2.1-b – Função de 1º Grau: Função Afim com domínio números Naturais.....	76
5.3.2.1-b-1 – Função de 1º grau a partir da Lei de Pouillet e Lei de Ohm.....	76
5.3.2.1-b-2 – Função: tratamento computacional com Arduino.....	79
5.3.2.2 – Conversão de Unidades de Medidas para o Sistema Internacional de Medidas....	80
<b>5.4 AULAS APLICADAS.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4.1 Montagem do Robô seguidor de linha.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4.2 Montagem do circuito controlador do Robô seguidor de linha.....</b>	<b>86</b>
5.4.2.1 1ª Aula: Fabricação do circuito de iluminação do Robô seguidor de linha.....	87
5.4.2.2 2ª Aula: Montagem do circuito LED e Circuito controlador do Motor.....	91
5.4.2.3 3ª Aula: Controle do motor DC por meio de circuito com LDR.....	94
5.4.2.4 4ª Aula: Montagem final do Robô seguidor de linha transistorizado.....	95
5.4.2.5 7ª Aula: Robô seguidor de linha controlado pelo Arduino.....	100
<b>5.4.3 – Desenvolvendo Robô para cálculo da velocidade do som, determinação de distância e Sensor de Ré/Presença por intermédio de ondas Ultrassônicas.....</b>	<b>106</b>
5.4.3.1 5ª Aula: Trabalhando Arduino e Sensor ultrassônico.....	106
5.4.3.2 6ª Aula: Robô sensor de estacionamento.....	117
<b>6. REFLEXÕES SOBRE A APLICAÇÃO DAS AULAS.....</b>	<b>123</b>
6.1 AFETIVIDADE, JÚBILO, COMPRAZER, CONTENTAMENTO ETC.....	123
6.2 APRENDIZADO PELA TENTATIVA DE CORREÇÃO DO ERRO.....	126
6.3 ENGAJAMENTO.....	127
6.4 COOPERAÇÃO.....	129

6.5 STEAM.....	133
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>138</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>146</b>
<b>9. APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES.....</b>	<b>153</b>
9.1 – 1º QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES DO PROJETO.....	153
9.2 – 2º QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES.....	156
9.3 – RESPOSTAS OBTIDAS NO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....	157
9.4 – RESPOSTAS OBTIDAS NO SEGUNDO QUESTIONÁRIO.....	161
9.5 – RELATÓRIO DA AULA DE SENSOR DE RÉ E CÁLCULO DA VELOCIDADE DO SOM.....	163
<b>10. APÊNDICE B – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS COM OS PARTICIPANTES.....</b>	<b>164</b>
10.1 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 1ª AULA: MORRINHOS, 20 DE NOVEMBRO DE 2019.....	164
<b>10.1.1 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:.....</b>	<b>164</b>
<b>10.1.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:.....</b>	<b>164</b>
10.2 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 2ª AULA: MORRINHOS, 25 DE NOVEMBRO DE 2019.....	165
<b>10.2.1 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:.....</b>	<b>165</b>
<b>10.2.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:.....</b>	<b>165</b>
<b>10.2.3 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:.....</b>	<b>165</b>
10.3 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 3ª AULA: MORRINHOS, 27 DE NOVEMBRO DE 2019.....	166
<b>10.3.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:.....</b>	<b>166</b>
<b>10.3.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:.....</b>	<b>166</b>
<b>10.3.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:.....</b>	<b>166</b>
<b>10.3.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:.....</b>	<b>166</b>

10.4 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 4ª AULA: MORRINHOS, 30 DE NOVEMBRO DE 2019.....	167
<b>10.4.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:.....</b>	<b>167</b>
<b>10.4.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:.....</b>	<b>167</b>
<b>10.4.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:.....</b>	<b>167</b>
<b>10.4.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:.....</b>	<b>168</b>
10.6 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 6ª AULA: MORRINHOS, 04 DE DEZEMBRO DE 2019.....	168
<b>10.6.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:.....</b>	<b>168</b>
<b>10.6.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:.....</b>	<b>168</b>
<b>10.6.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:.....</b>	<b>169</b>
<b>10.6.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:.....</b>	<b>169</b>
<b>11. APÊNDICE C – INSTALANDO O IDE ARDUINO.....</b>	<b>170</b>
11.1 INSTALANDO IDE ARDUINO EM SISTEMAS DEBIAN LIKE.....	170
<b>11.1.1 Pela loja de aplicativos.....</b>	<b>170</b>
<b>11.1.2 Pelo modo de comando ou terminal.....</b>	<b>173</b>
11.2 OBTENDO O IDE ARDUINO PELO SITE OFICIAL: MÉTODO PARA LINUX E WINDOWS.....	173
11.3 INSTALANDO O IDE ARDUINO OBTIDO PELO SITE OFICIAL: MÉTODO PARA LINUX.....	174
<b>12. ANEXO A – TERMOS DE COMPROMISSO TCLE E ANUÊNCIA TALE.....</b>	<b>177</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Hodiernamente, existe uma grande dificuldade, por parte dos professores, em manter seus estudantes motivados e interessados no conteúdo que ministram. Ocorre uma grande rejeição àquelas matérias que possuem cálculos, que necessitam de conhecimentos anteriores, como Matemática, Física e Química. Outras vezes, os estudantes se desmotivam ou não se interessam pela aula com o argumento de que não usará aquele conhecimento em sua vida. Segundo Moysés:

Oferecemos à grande maioria dos alunos que frequentam nossas escolas, uma educação de má qualidade. São inúmeros e complexos os fatores que concorrem para isso. Encontram-se tanto no seu interior, quanto fora dela. Configura-se um elenco de questões que variam das mais restritas e localizadas, como as que fazem parte do cotidiano da escola e da sala de aula, às mais amplas, como as macroestruturais. Ensaiam-se soluções nas mais diferentes frentes de atuação. Grande parte delas gerada no interior da própria escola. Outras chegam até ela vindas de providências do Estado: reciclagem de professores, legislação que determina a promoção automática do aluno, aumento de carga horária etc. (MOYSÉS, 2012, p. 18).

Observa-se que a educação resultou, ultimamente, em simples transmissão de conteúdo. Às vezes, vejo estudantes que para estudarem para provas, simplesmente repetem incessantemente algum rascunho ou conteúdo que o professor ministrou. O professor, nessa situação, torna-se narrador e o estudante ouvinte, que em uma determinada prova, terá que repetir o que conseguiu captar/gravar de conhecimento. Freire, destaca que

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. (FREIRE, 1987, p. 33).

É visível que os estudantes desta segunda década do século XXI, possuem uma incrível habilidade com o mundo tecnológico atual. Antes mesmo de aprender a falar, as crianças já mostram uma grande habilidade com *Smartphones*, *tablets*, computadores, sejam para ver vídeos no YouTube ou para jogar. Segundo Werthein:

Será essencial identificar o papel que essas novas tecnologias podem desempenhar no processo de desenvolvimento educacional e, isso posto, resolver como utilizá-las de forma a facilitar uma efetiva aceleração do processo em direção a educação para

todos, ao longo da vida, com qualidade e garantia de diversidade. (WERTHEIN, 2000, p. 77).

Existem algumas ferramentas que visam quebrar esse paradigma de que a Matemática é difícil, que a Física e a Química, não serão usadas em sua vida. Dentre essas ferramentas tecnológicas que nos podem auxiliar dentro e fora da sala de aula, podemos citar *softwares* como, *Geogebra*, *TuxMath*, *SciLab*, *Calc*, além de lousas digitais com inúmeros recursos, vídeos na internet, sites de educação como o *KhanAcademy* Brasil<sup>1</sup>, robótica educacional, entre outras. De acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), em sua segunda competência, deve-se:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BRASIL, 2018a, pág. 9).

Neste sentido, proposto o uso de materiais físicos, que necessitem de uma parte abstrata para seu funcionamento, temos a robótica educacional, em que o estudante deixa de ser um sujeito passivo do processo e passa a ser sujeito ativo, tendo maior participação no processo de ensino-aprendizagem. O entendimento da quinta competência da BNCC, sobre as competências gerais da educação básica, tem por finalidade:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BRASIL, 2018a, p. 19).

As recentes mudanças no currículo nacional, implementadas através da BNCC, diversifica o currículo do Ensino Médio, fazendo uma reorientação a seu respeito, como também a respeito de suas propostas pedagógicas, em conjunto, de forma indissociável, sendo composto por formação geral básica e itinerário formativo. Os itinerários formativos são utilizados como meios de flexibilização do currículo do Ensino Médio. A mobilização de conhecimentos de diferentes áreas e habilidades, compõe os chamados itinerários integrados, que dentre eles:

---

1 Khan Academy é uma organização sem fins lucrativos fundada por Salman Khan, com a missão de proporcionar uma educação gratuita e de alta qualidade para todos. Oferece uma coleção grátis de vídeos de matemática, medicina e saúde, economia e finanças, física, química, biologia, ciência da computação, entre outras matérias.

[...] II – Matemática e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para a aplicação de diferentes conceitos matemáticos em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em resolução de problemas e análise complexas, funcionais e não-lineares, análise de dados estatísticos e probabilidade, geometria e topologia, robótica, automação, inteligência artificial, programação jogos digitais, sistemas dinâmicos, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino. (BRASIL, 2018a, p. 477).

Pela nova base curricular, deve ocorrer a busca pela atualização do currículo educacional em vista da sociedade moderna. Essa busca pela atualização/modernização dos currículos, pressupõe o uso de tecnologias e materiais modernos. Em relação aos itinerários formativos, da forma que abordamos o uso da robótica, cria-se uma maneira de se trabalhar vários itens, como automação, resolução de problemas, pensamento computacional, robótica e programação computacional.

A Unesco, corroborando neste direcionamento, tem promovido uma visão sobre o uso de tecnologias no ensino, para que elas tenham papel crucial na criação de oportunidades. Neste sentido, elencou algumas competências docentes para o uso pedagógico das tecnologias, e considerou três níveis sucessivos de competências: Nível 1, Nível 2 e Nível 3. O Nível 1 trabalha a alfabetização digital ou a aquisição de noções básicas de TIC. O Nível 2 envolve o aprofundamento do conhecimento. Já o Nível 3 ocorre a geração do conhecimento. Todos os três níveis se subdividem em: Enfoque; Nível de Competência do Docente; e Impacto.

No Nível 3, geração de conhecimento, a Unesco (2014) propõe o “uso generalizado da tecnologia para apoiar os estudantes que criam produtos de conhecimento e que estão dedicados a planejar e gerir seus próprios objetivos e atividades. Programação, robótica. Criar com Tecnologia.”

Nesta perspectiva a proposta abordada neste trabalho está contemplada. A robótica educacional foi idealizada pelo matemático sul-africano Seymour Papert, na década de 60, que defendia o uso dos computadores pessoais para potencializar a educação e aprendizagem das crianças. Seymour Papert, influenciado por Jean Piaget, com quem trabalhou na Universidade de Genebra, cria ao longo dos anos, trabalhando no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), o Construcionismo<sup>2</sup>. Segundo Papert:

Nossos filhos crescem em uma cultura permeada pela ideia de que há "pessoas inteligentes" e "pessoas burras". A construção social do indivíduo é como um pacote

2 O Construcionismo é uma teoria proposta por Papert, que aborda a construção do conhecimento baseada na realização de uma ação concreta, se utilizando de computadores, que seja de interesse de quem os produzem.

de aptidões. Há pessoas que são "boas em matemática" e pessoas que "não sabem matemática". Tudo está preparado para que as crianças atribuam suas primeiras experiências de aprendizado bem-sucedidas ou desagradáveis a suas próprias deficiências. Como resultado, as crianças percebem o fracasso como relegando-as ao grupo de "pessoas burras" ou, mais frequentemente, a um grupo de pessoas burras em  $x$  (onde, como já apontamos,  $x$  frequentemente é igual a matemática). (PAPERT, 1980, p. 43).

A robótica educacional é uma área que, nos últimos anos, está em grande crescimento em todo mundo. Em países de primeiro mundo, a robótica já faz parte do currículo de ensino das escolas. Um exemplo é a Inglaterra, que após mudanças em seu currículo escolar, implantou como obrigatório o ensino de programação e robótica em suas escolas. Países como a Austrália, os Estados Unidos, dentre outros, também vem realizando essas implementações. Em artigo na revista TRON, observa-se que,

A utilização de tecnologias na educação tem sido uma prática constante em escolas privadas e públicas. Os gestores públicos estão investindo na aquisição de tecnologias para que sejam utilizadas como elementos mediadores no processo de ensino e aprendizagem. Verificamos sua utilização no sistema educacional, não só no mundo, mas também no Brasil, em diversas escolas do ensino fundamental, médio, profissionalizante e até mesmo superior. (TRON, 2018, p. 23).

Um campo de criação, de inúmeras possibilidades, ocorre dentro da robótica educacional. Existem *kits* comerciais prontos, que podem ser adquiridos pela *internet*. Dentre eles, destacamos os *kits* robóticos da *LEGO*, *Modelix*, *Horizon*, *Science*, entre outros. Das plataformas de prototipagem, escolhemos trabalhar com o Arduino, tendo em vista que este trabalho foi desenvolvido em escola pública, com poucos recursos financeiros. As placas, módulos e sensores podem ser adquiridos a baixo custo, já que são vendidos em "*kits*", podendo até mesmo serem importados.

Além disso, acreditamos ter um campo de trabalho de conceitos matemáticos e físicos mais abrangentes, já que podemos trabalhar com resistores, capacitores e conceitos matemáticos que se utilizam, na linguagem de programação, da placa lógica. Uma justificativa de usá-la é por se tratar de um projeto livre, onde a criação e compartilhamento de materiais são livres, não infringindo nenhuma patente ou marca registrada. Essa proposta se conecta à robótica livre ou robótica pedagógica livre, cujo pioneiro no Brasil é Danilo César, que nos ensina que:

O desenvolvimento da robótica, desde o seu surgimento, foi pensado em função do homem e da mulher. Em geral, as tecnologias são desenvolvidas pelos benefícios

que podem proporcionar à humanidade, embora, pela sua não neutralidade, as tecnologias carreguem consigo aspectos socioculturais e políticos da sua época. (CÉSAR, 2013, p. 45).

No desenvolvimento das crianças e adolescentes, é de suma importância a obtenção de conhecimentos, que carregarão por sua vida pessoal e profissional. Nesse sentido, idealizamos e realizamos um trabalho com o uso de ferramentas da robótica educacional livre, aplicamos conceitos Matemáticos e Físicos, com o intuito de criar uma motivação nas crianças e adolescentes, participantes do projeto. Além disso, buscamos verificar o grau de potencialidade que o uso dessas tecnologias tem para fomentar o processo de aprendizagem dos estudantes que participaram do projeto. Sempre tendo em vista o pensamento de que,

A Robótica agora vive um novo cenário definido como Robótica 2.0, que agrega em sua concepção uma fundamentação pedagógica muito mais profunda, a utilização de matéria open source e o desenvolvimento de uma robótica aplicada, que realmente se some aos conhecimentos já adquiridos e que seja capaz de empoderar o indivíduo na construção de soluções próprias, segundo um pensamento crítico sobre sua própria ótica e maneira de ver o mundo, em outras palavras, a cultura Maker. (TRON, 2018, p. 23).

O objetivo deste trabalho foi investigar se o uso de tecnologia da robótica educacional livre com Arduino, no processo de ensino-aprendizagem, agregaria conhecimentos matemáticos e físicos aos participantes. Além disso, acompanhar o processo de evolução da curiosidade e obtenção de conhecimento para/com a resolução de problemas, no decorrer do projeto.

Com o referido projeto, realizou-se oficinas sobre a utilização da eletrônica em conjunto com a robótica, para a resolução de situações-problemas propostas e/ou que eventualmente pudessem ocorrer.

A utilização de componentes eletrônicos tem por finalidade fazer com que os estudantes obtenham uma familiaridade com os conceitos de eletrônica trabalhados no 3º ano do ensino médio, bem como no 9º ano do ensino fundamental, que possibilitaria trabalhar com resistores, capacitores, díodos, reguladores de tensão, *LEDs*<sup>3</sup> etc., a fim de tornar a Matemática e a Física, algo mais palpável/concreto.

Imerso nesse projeto, buscávamos responder a seguinte pergunta: Como a robótica educacional, em uma perspectiva livre, pode contribuir para aprendizagem Matemática e Física? Para responder essa questão, estruturamos nosso trabalho em sete capítulos. No primeiro capítulo, após essa introdução, temos o referencial teórico. Nele abordamos as

---

3 *LED* – Light Emissor Diode – Diodo emissor de luz.

definições e materiais robóticos, bem como trazemos alguns materiais livres existentes no mercado atual, que possuem potencial para o desenvolvimento da Robótica Livre. Discorreremos ainda sobre os *softwares* e *hardwares* utilizados no trabalho, e alguns trabalhos realizados dentro da área. No terceiro capítulo, temos a metodologia utilizada para o estudo relatado neste trabalho. No quarto capítulo, têm-se o desenvolver da pesquisa, de onde, como e com quem foi realizada a pesquisa. No quinto capítulo, abordamos o desenvolvimento do projeto, com aplicação das aulas, conteúdo trabalhado em cada aula e, posteriormente, os resultados obtidos. No sexto capítulo, realizamos uma pequena reflexão a respeito das aulas aplicadas no projeto. No sétimo e último capítulo, trouxemos algumas considerações finais acerca da realização deste projeto.

## 2. SOBRE ROBÓTICA EDUCACIONAL UM BREVE ESTADO DA ARTE

Neste capítulo desenvolvemos um estudo teórico sobre robótica educacional em diferentes perspectivas, que é considerado um estado da arte. Assim, será possível ver e entender sobre o assunto nos subcapítulos a seguir. O que pretendemos é trazer um olhar sobre pesquisas neste campo.

### 2.1 ROBÓTICA EDUCACIONAL

A proposta do uso do computador para o ensino foi feita pela primeira vez por Seymour Papert, ainda na década de 60. O professor de Matemática e pesquisador via o computador como meio que poderia ser utilizado como instrumento educacional para a aprendizagem. Em seu livro *Mindstorms* de 1980, Papert afirma que:

[...] As pessoas pensavam nos computadores como dispositivos caros e exóticos. Seus usos comerciais e industriais afetavam as pessoas comuns, mas quase ninguém esperava que os computadores se tornassem parte da vida cotidiana. Essa visão mudou dramaticamente e rapidamente à medida que o público passou a aceitar a realidade do computador pessoal, pequeno e barato o suficiente para ocupar seu lugar em todas as salas de estar ou mesmo em todos os bolsos. O surgimento das primeiras máquinas bastante primitivas dessa classe foi suficiente para capturar a imaginação dos jornalistas e produzir uma série de artigos especulativos sobre a vida no mundo rico em computadores que estava por vir. O principal assunto desses artigos foi o que as pessoas poderão fazer com seus computadores. A maioria dos escritores enfatizou o uso de computadores para jogos, entretenimento, imposto de renda, correio eletrônico, compras e serviços bancários. Alguns falaram sobre o computador como uma máquina de ensino. (PAPERT, 1980, p. 3) (*Tradução dos autores*)<sup>4</sup>.

Com a utilização do computador como meio de aprendizagem, pode-se ter inúmeras maneiras de usufruir dele, como mero reproduzidor de vídeos, música, editor de texto/imagem/vídeo, acesso à página de internet, jogos, jogos educativos, entre outros.

O computador é uma ferramenta, que pode ser utilizada para a construção do

---

4 [...] people thought of computers as expensive and exotic devices. Their commercial and industrial uses affected ordinary people, but hardly anyone expected computers to become part of day-to-day life. This view has changed dramatically and rapidly as the public has come to accept the reality of the personal computer, small and inexpensive enough to take its place in every living room or even in every breast pocket. The appearance of the first rather primitive machines in this class was enough to catch the imagination of journalists and produce a rash of speculative articles about life in the computer-rich world to come. The main subject of these articles was what people will be able to do with their computers. Most writers emphasized using computers for games, entertainment, income tax, electronic mail, shopping, and banking. A few talked about the computer as a teaching machine.

conhecimento, Papert (1980) propõe o uso do computador não como mero transmissor de conhecimento, nem como adestrador, mas como objeto concreto para a construção do conhecimento.

Do ponto de vista de Papert (1980) sobre Piaget, os estudantes são como construtores de suas próprias estruturas intelectuais e necessitam de materiais, para essa construção. Então nessa vertente, se utilizarmos o computador, precisaremos de materiais que possam fazer o estudante construir suas próprias estruturas intelectuais. Daí surge a robótica, onde o estudante poderá utilizar peças mecânicas, eletrônicas; um controlador/processador e um computador. Após a estruturação desse conhecimento, os mecanismos utilizados para seu delineamento, não necessitarão ser “destruídos”, mas poderão ser atualizados e revisados de modo a se modificar e aprimorar conhecimentos. Segundo Ackermann:

Devido ao seu maior foco na aprendizagem através da criação, em vez do potencial cognitivo geral, a abordagem de Papert nos ajuda a entender como as ideias são formadas e transformadas quando expressas por diferentes mídias, quando atualizadas em contextos específicos, quando elaboradas por mentes individuais. A ênfase muda da conversa dos universais para a individual dos alunos com suas próprias representações, artefatos ou objetos com os quais pensam. (ACKERMANN, 2001, p. 4) (*Tradução dos autores*)<sup>5</sup>.

Para Papert (1980), o importante é que a criança aprenda a linguagem do computador, para se comunicar com ele, do mesmo modo que se aprende uma língua materna, pois da mesma maneira que a criança usa a língua materna para entender e se posicionar no mundo, utilizaria da linguagem de programação para entender e fazer com que o robô faça determinada ação planejada. Seria a forma da criança expressar sua criação tecnológica e comunicar-se com o computador.

A partir das ideias de Piaget que, Papert propôs uma forma diferente de como as crianças criam suas ideias. Além de não receber essas ideias de forma passiva, o autor, defende que as crianças constroem suas ideias e conhecimento de forma mais eficaz, por meio de interações que elas fazem com o mundo, por exemplo, com materiais concreto. A essa abordagem, Papert deu o nome de Construcionismo. Segundo Resnick,

Ele chamou sua abordagem de construcionismo, porque une dois tipos de construção: à medida que as crianças constroem coisas no mundo, elas constroem

---

5 Because of its greater focus on learning through making rather than overall cognitive potentials, Papert’s approach helps us understand how ideas get formed and transformed when expressed through different media, when actualized in particular contexts, when worked out by individual minds. The emphasis shifts from universals to individual learners’ conversation with their own favorite representations, artifacts, or objects-to-think with.

novas ideias em suas mentes, o que as incentiva a construir novas coisas no mundo e assim por diante, em uma espiral infinita de aprendizagem. (RESNICK, 2020, p. 68).

Com o Construcionismo elaborado por Papert, em conjunto com a robótica, o estudante poderá fazer novas descobertas por si, criando, refletindo, elaborando e aperfeiçoando aquele conhecimento que internalizou, ou mesmo buscando novos conhecimentos para aprimorar o aprendizado.

Além disso, Piaget, nos ensina que o pensamento concreto se dá nas crianças a partir dos 6 anos de idade, já o pensamento formal a partir dos 12 anos de idade, contudo, segundo Papert (1980), alguns adultos, nunca chegam ao pensamento formal. Dessa exposição, Papert (1980), observa que com o uso da robótica e computadores,

O conhecimento que era acessível apenas através de processos formais agora pode ser abordado concretamente. E a verdadeira magia vem do fato de que esse conhecimento inclui os elementos necessários para se tornar um pensador formal. (PAPERT, 1980, p. 21) (*Tradução dos autores*)<sup>6</sup>.

Já abordamos alguns fatores que evidenciam a importância do uso da robótica e origem da robótica educacional. Mas ainda falta definir o que é robótica e robô. Em 1920 o escritor Tcheco Karel Čapek, lança R. U. R., Rossumovi Univerzální Roboti, uma peça de ficção científica, onde o autor define o termo *Roboti* como pessoas artificiais criadas a partir de matéria orgânica sintética. O Robô que Čapek descreve na peça, não é a definição que utilizamos atualmente.

Nos dias atuais, o Robô tem sentido popular de automação. O sentido da palavra Robô, criado por Čapek, foi derivado da palavra tcheca, *Robota*, que significa, em tcheco, trabalho forçado. Segundo Michaelis (2021), o termo robô, significa, “Aparelho automático, com aspecto humanoide, capaz de se movimentar e executar diferentes tarefas, inclusive algumas geralmente feitas pelo homem.”

O termo robótica foi introduzido pela primeira vez pelo cientista e escritor americano Isaac Asimov, em 1942, em uma pequena história de sua autoria denominada *Runaround*. Mas documentos mostram que Da Vinci<sup>7</sup>, em 1495 desenvolveu um cavaleiro mecânico, que

6 Knowledge that was accessible only through formal processes can now be approached concretely. And the real magic comes from the fact that this knowledge includes those elements one needs to become a formal thinker.

7 Leonardo da Vinci – Segundo o Wikipédia, Leonardo di Ser Piero da Vinci, ou simplesmente Leonardo da Vinci, foi um polímata nascido na atual Itália, uma das figuras mais importantes do Alto Renascimento, que se destacou como cientista, matemático, engenheiro, inventor, anatomista, pintor, escultor, arquiteto, botânico, poeta e músico.

mexia braços, maxilar e cabeça.

Quando Papert insere o uso do computador educacionalmente, mas usando materiais concreto, seriam meios de construção de aprendizagem do estudante segundo a visão de Piaget, a robótica educacional. Anos depois, César a define como:

Robótica é a ciência dos sistemas que interagem com o mundo real com ou sem intervenção dos humanos. Ela está em expansão e é considerada multidisciplinar, pois nela é aplicado o conhecimento de microeletrônica (peças eletrônicas do robô), engenharia mecânica (projeto de peças mecânicas do robô), física cinemática (movimento do robô), matemática (operações quantitativas), inteligência artificial e outras ciências. Essas características tornam a Robótica uma interessante ferramenta de uso na educação, uma vez que seus projetos oportunizam situações de aprendizagem pela resolução de problemas interdisciplinares e transdisciplinares, que podem ser simples ou complexos. (CÉSAR, 2007, p. 1).

A Robótica educacional ou robótica pedagógica, é um ambiente de aprendizagem que se caracterizam pelo uso de robôs de montagem, feitos a partir de sucatas ou adquiridos em *kits*. O ato de usar robôs na educação, exige à combinação de conhecimentos e habilidades de diversas áreas e disciplinas, favorecendo assim, a pluridisciplinaridade e interdisciplinaridade de conteúdos e conhecimentos. Segundo Barbosa analisando que a programação e a construção de robôs é um meio de propulsionar o desenvolvimento humano diz:

Assim, com a robótica educacional temos mais que a construção de robôs e sua programação, mas uma nova forma de relacionar conhecimento científico no desenvolvimento humano, uma rica possibilidade de construção e implementação de ideias [...]. (BARBOSA, 2016, p. 277).

Há de lembrar que estamos trabalhando com tecnologias e, nos dias de hoje, tudo ou quase tudo está relacionado a uma tecnologia, seja analógica ou digital. Os jovens hoje estão imersos em uma cultura digital, onde consomem muitos recursos o que precisamos é orientá-los no processo de produção de soluções tecnológicas para os diversos problemas e, nesse sentido, a robótica educacional possibilita a união do conhecimento com uma situação prática.

Por toda essa conjuntura, vemos a robótica educacional como um conjunto de processos, habilidades e meios, que se utilizam de materiais concreto e abstratos para a construção do conhecimento. Alia materiais concretos, de um circuito ou material, há um microcontrolador e/ou microprocessador, e utiliza linguagem de programação para controlar os objetos construídos e o robô. Também proporciona aos participantes a participação ativa em toda as fases do processo de construção, fazendo com que busquem a resolução para problemas que venham ocorrer e que trabalhem em equipe, seja cooperando, socializando,

ensinando ou aprendendo.

Ela se utiliza da pedagogia da pergunta de Freire (1987), da utilização do computador com materiais concretos e aprendizagem de linguagem computacional, defendidas por Seymour Papert, para que venham ocorrer a criação, nos participantes, das estruturas intelectuais defendidas por Piaget, mas através de abstrações criadas a partir de estruturas concretas, como defendido por Papert. Porventura leva o estudante a pensar em como resolver problemas do cotidiano, se utilizando dessas ferramentas, perpassando por Wing (2010), com o pensamento computacional. E todo esse processo, leva o participante/estudante, a criar, refletir, inventar, elaborar, aperfeiçoar as ideias desenvolvidas, perpassando pela espiral de aprendizagem criativa, de Resnick (2020).

## 2.2 ROBÓTICA PEDAGÓGICA LIVRE

A robótica pedagógica livre pressupõe uso de soluções e materiais livres em substituição aos comerciais. Materiais *Open Source*, como microcontroladores e *softwares* livres, são utilizados no desenvolvimento das atividades do projeto. Podemos considerar *software* livre, qualquer *software*, onde seus usuários possuem quatro princípios de liberdade sobre ele. Segundo Stallman, criador do projeto GNU e da FSF (Free Software Foundation), Um programa é “*Software Livre*” para você, um usuário particular, se você tem as seguintes liberdades:

Primeira Liberdade é a liberdade de executar o programa como você desejar, para qualquer propósito.

Liberdade 1 é a liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo às suas necessidades.

Liberdade 2 é a liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar outros.

E liberdade três é a liberdade para ajudar a construir a sua comunidade, publicando uma versão melhorada para que outros possam obter o benefício do seu trabalho. (STALLMAN, 2002, p. 165)<sup>8</sup> (Tradução dos autores).

Dentro da perspectiva do projeto GNU e *Software Livre*, César e Mill (2009) conclui,

---

<sup>8</sup> a program is “free software” for you, a particular user, if you have the following freedoms:

First, Freedom Zero is the freedom to run the program for any purpose, any way you like.

Freedom One is the freedom to help yourself by changing the program to suit your needs.

Freedom Two is the freedom to help your neighbor by distributing copies of the program.

And Freedom Three is the freedom to help build your community by publishing an improved version so others can get the benefit of your work.(traduzido pelo autor).

Associada aos princípios do *copyleft*<sup>9</sup>, que apresentamos a proposta de Robótica Livre. Além de explorar as potencialidades da robótica pedagógica, acreditamos também nesse viés do acesso à receita do bolo... ou seja, acreditamos que, ao acessar o processo de produção do robô e na elaboração do programa do computador para controle dos dispositivos robóticos, os educandos e educadores estarão diante de uma poderosa estratégia de produção de conhecimento. (CÉSAR e MILL, 2009, p. 224).

Podemos concluir que a Robótica Pedagógica Livre, é uma forma de se “fazer” robótica respeitando as quatro liberdades da definição de *Software* Livre propostas pela *Free Software Foundation*. Vale salientar que um *software* de código aberto, *Open source*, não significa que ele seja livre. A condição de ser aberto não garante que ele seja livre. Um *Software* é dito livre, se respeita as quatro liberdades expostas acima, como ressalta a FSF (2019):

Outro grupo usa o termo “código aberto” (do inglês *open source*) com um significado parecido (mas não idêntico) ao de “software livre”. Nós preferimos o termo “software livre” porque, uma vez que você tenha ouvido que ele se refere à liberdade ao invés do preço, ele traz à mente a liberdade. A palavra “aberto” nunca se refere à liberdade. (FOUNDATION, 2019a).

Já o *Open Source* é a forma que uma pessoa pode dar ao desenvolvimento de um projeto. O código desse projeto é aberto e a pessoa pode melhorá-lo, contribuir e dar sugestões, de forma a encorpar/cooperar o código fonte de um *software*, que geralmente é feita por comunidades.

Mas daí pode ocorrer uma dúvida: Se é aberto, por que não é classificado como um *Software* Livre? O *Open Source* apesar de ter o código aberto, não respeita todas as quatro liberdades do *Software* Livre anteriormente detalhadas. Por exemplo, o sistema operacional *Android*, famoso por estar em bilhões de *SmartPhones* no mundo, é um projeto *Open Source*, que iniciou baseando-se no *Kernel Linux*, que é um projeto de *Software* Livre. O código fonte, do *Android*, é aberto. As pessoas podem contribuir com melhorias, mas o código fonte pertence a um proprietário, que no caso é o *Google*. Da mesma forma temos o navegador *web Mozilla Firefox*, entre outros *softwares*.

Com a utilização da robótica pedagógica livre, além de todas as características e ganhos que a robótica comercial proporciona com patentes e marcas registradas, ela vai mais além, por respeitar princípios básicos da educação, como ter liberdade de aprender e ensinar, de pesquisa e divulgação, como destacado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

---

9 **liberdade** três é a liberdade para ajudar a construir a sua comunidade, publicando uma versão melhorada para que outros possam obter o benefício do seu trabalho.

nº 9394/1996, em seu 3º artigo, inciso II: “liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;” (BRASIL, 1996).

Observa-se que a educação, como ressaltado no Art. 2º da LDB, é inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, que tem como objetivo o desenvolvimento do educando, bem como seu preparo para o exercício da cidadania e mercado de trabalho. Segundo a FSF, o uso de *Software Livre*, é o único que está estritamente conectado com os objetivos da educação, pois:

A liberdade de software tem um papel fundamental na educação. Instituições educacionais de todos os níveis devem usar e ensinar apenas o software livre, pois esse é o único que permite que essas instituições cumpram suas missões fundamentais: disseminar o conhecimento humano e preparar os estudantes para serem bons membros de suas comunidades. O código-fonte e os métodos do software livre são partes do conhecimento humano. Software proprietário, por outro lado, é conhecimento secreto e restrito, o que é o oposto da missão das instituições educacionais. O software livre apoia a educação, mas o software proprietário a proíbe. (FOUNDATION, 2019b).

E ainda acrescenta:

O software livre não é simplesmente uma questão técnica; é uma questão ética, social e política. É uma questão de direitos humanos que os usuários devem ter. Liberdade e cooperação são valores essenciais do software livre. O Sistema GNU implementa esses valores e o princípio do compartilhamento, uma vez que compartilhar é bom e benéfico para o progresso humano. (FOUNDATION, 2019b).

Robótica pedagógica livre é além de tudo, uma forma de cooperar e compartilhar conhecimento, baseado nos princípios morais, éticos e de solidariedade humana, objetivando um bem comum: O progresso e desenvolvimento humano.

A crença desenvolvida de que o *software* deve ser livre para cooperar e difundir conhecimento, também foi difundida dentro dos *hardwares*. O trabalho com *hardwares* livres, permite a criação/modificação de projetos e *design* já existente, sem ferir nenhuma patente ou marca registrada, tendo como princípio as liberdades existentes dentro da definição de *software* livre, agora estendidas aos *hardwares*. Segundo a Association (2020), o termo *Open Source Hardware* é usado para:

[...] artefatos tangíveis — máquinas, dispositivos ou outros objetos físicos — cujo projeto foi disponibilizado ao público de modo que qualquer um pode construir, modificar, distribuir e utilizar estes artefatos. É intenção desta definição auxiliar no desenvolvimento de guias gerais para o desenvolvimento e validação de licenças para Open Source Hardware. (ASSOCIATION, 2020).

Observamos que a robótica educacional desenvolvida, é quase sempre composta por *kits* prontos e padronizados, o que não permite ao estudante ter a liberdade de modificar o *kit*, com receio de que danificará os equipamentos, que inibem a liberdade de criar ou imaginar e testar outras possibilidades. Segundo César:

Atualmente, a inserção dos fundamentos da robótica no cenário educacional objetiva, basicamente, o “treinamento” dos educandos para o uso de kits pedagógicos padronizados – comercialmente adquiridos –, constituídos principalmente por softwares e hardwares não livres (a cópia, (re)distribuição ou modificação são restritas ao seu criador/desenvolvedor e/ ou distribuidor), que servem para o controle e acionamento de dispositivos eletromecânicos. (CÉSAR, 2013, p. 55).

Dentro desse contexto César (2013), propõe o fazer robótica a partir de sucatas, peças e *hardware* livres, utilizando *softwares* livres, o que o próprio autor denominou de Robótica Pedagógica Livre ou apenas Robótica Livre. Segundo César em uma entrevista à TV Espírito Livre em 2013, LIVRE (2013), alguns *kits* proprietários, não permite o desenvolvimento de toda a autonomia do estudante, e que ao utilizar a robótica livre, tende a trabalhar o despertar crítico/reflexivo e formas alternativas de construção do conhecimento. Além disso César define robótica livre como,

[..] o conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino e de aprendizagem que utilizam os kits pedagógicos e os artefatos cognitivos baseados em soluções livres e em sucatas como tecnologia de mediação para a construção do conhecimento. (CÉSAR, 2013).

Esse tipo de interação entre homem e máquina é definido como pensamento computacional. Segundo Wing (2010), pensamento computacional é:

Informalmente, o pensamento computacional descreve a atividade mental na formulação de um problema para admitir uma solução computacional. A solução pode ser realizada por um ser humano ou máquina, ou mais geralmente, por combinações de seres humanos e máquinas. (WING, 2010, p. 1).<sup>3</sup>

O trabalho com robótica leva a criação de soluções para situações-problema. Com robótica pedagógica livre essa criação de solução para situações-problema é mais ampla, já que o “*kit*” pode ser desenvolvido da maneira que o usuário pensou. Temos a interação entre homem e máquina em conjunto, na criação de soluções para situações-problema.

## 2.3 OS POSSÍVEIS MATERIAIS PARA ROBÓTICA EDUCACIONAL

Existe uma variedade de *kits* de robótica. Um *kit* de robótica é formado por variadas peças, como atuadores, controladores, blocos de montagem, sensores, módulos, e dependendo do tipo de *kit* de robótica, também com peças eletrônicas, como resistor, *LED*, *LDR*, transistores, capacitores, entre outras peças eletrônicas.

Por atuador se entende, uma peça que é capaz de realizar uma ação no mundo real. Por exemplo, um motor pode girar e movimentar uma peça, um alto-falante pode emitir som, um *LED* pode emitir luz.

Já por sensores, entende-se que, são peças que “sentem” algo na natureza, no mundo e transformam isso em informação computacional ou não. Como exemplo de sensores, podemos ter um *LDR*<sup>10</sup>, que é um resistor dependente de luz. conforme a luz incide sobre o *LDR*, sua resistência pode variar. Outros exemplos de atuadores, são sensores de IR (Infravermelho), sensor de chuva, sensor de temperatura, de umidade, sensores de gases, sensores de som, entre variadas peças que podem “sentir” uma ação no mundo e transformá-la em uma informação que pode ser usada computacionalmente.

Já os módulos, são peças integrados em circuitos que realizarão funções bem definidas. Como por exemplo, o módulo WIFI, tem a função de conectar o projeto à internet.

O módulo *Bluetooth*, tem a capacidade de conectar dois sistemas. Por exemplo, um módulo de *Bluetooth* pode conectar um *smartphone* a um projeto que contenha o módulo *Bluetooth*.

Os controladores são pequenos computadores que irão ler algumas informações no mundo, com um sensor, processar esses dados, e poderá executar uma ação através de um atuador. O controlador é o “cérebro” do projeto. Ele é que processará a informação e retornará uma ação a ser executada.

Dentre esses materiais robóticos existem *kits* que são bem famosos, como por exemplo os *kits* robóticos da Lego. A Lego é uma empresa que foi fundada na Dinamarca em 1934, e seu ramo de atuação é a produção de brinquedos. Na década de 1980, a Lego em conjunto com o MIT<sup>11</sup>, desenvolveu a linha Lego educacional. No Brasil, a linha educacional, chegou em 1998. A Lego possui um *kit* de robótica denominado, *Mindstorms*. O nome é bem sugestivo ao livro homônimo de PAPERT (1980).

---

<sup>10</sup> *LDR* – Light depend resistance – Resistência dependente de luz.

<sup>11</sup> MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

Um *kit* robótico educacional *Lego Mindstorms Ev3*, é anunciado na página de venda da Lego Brasil, Lego Education (2020), em fevereiro de 2020 por R\$ 5013,00.

Dentro dos *kits* robóticos educacionais estrangeiros, observamos o *kit* da *Horizon Educational*. Seus *kits* robóticos se diferem de outros, por ter a filosofia de se utilizar de energia limpa, como energia solar, energia dos ventos e energia da eletrólise da água, hidrogênio.

Figura 2.1: Horizon Energy box.



Fonte: Horizon Educational (2021).

Um *kit Horizon Energy Box*, sai em seu *site* por U\$ 1500,00, não incluso frete e nem taxa de importação brasileira. O mesmo *kit* pode também ser adquirido no Brasil, através do *site Wskits* (2021), “por R\$ 8.990,00.”

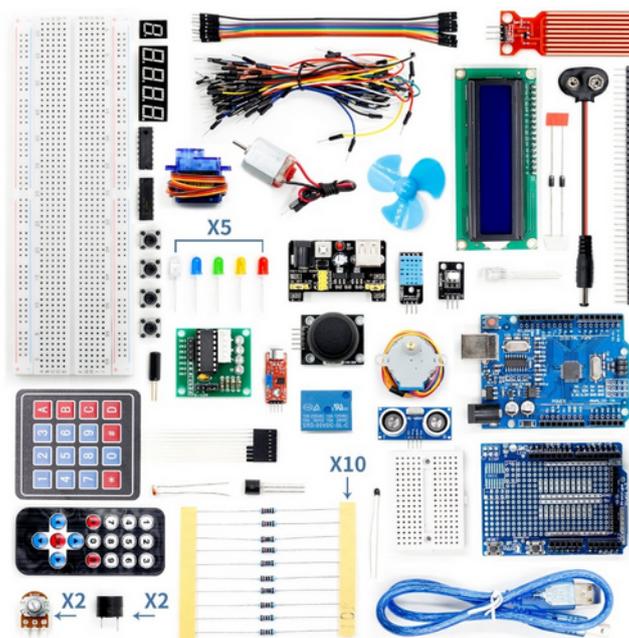
Os *kits* da *K'nex* também são variados. Existem vários *kits* da empresa voltado a robótica educacional, que vão de crianças de três anos a adultos.

No Brasil temos a *Modelix*, que produz e vende *kits* de robótica educacional. Temos também a *OpenRobotics*, que é uma empresa que desenvolve *kit* robótico educacional, sediada em Contagem – Minas Gerais.

Os *kits* *Arduino*, vem ganhando muito espaço no Brasil e no mundo nos últimos anos. Tanto é que, se fizermos uma pesquisa no *Google.com* sobre *kits* de robótica, um dos primeiros resultados é a venda de *kits* robóticos *Arduino*. Em *Arduino* (2021a), existem vários *kits* dos mais simples aos mais elaborados, de todos os valores. Como o *site* é de fora do Brasil, a aquisição de alguns produtos, deverá levar em conta o seu valor, frete, e acima de

determinado valor, a Receita Federal do Brasil, costuma cobrar uma taxa alfandegária e os Correios um valor de R\$ 15,00 de despacho postal.

Figura 2.2: Peças do *kit* Arduino Uno R3 Starter adquirido no Aliexpress.



Fonte: Aliexpress (2020).

Vale ressaltar que em comparação com os *kits* robóticos proprietários, os *kits* Arduino têm preços mais atrativos. Porém, os *kits* de Arduino têm peças que não contém nos *kits* da Lego, e vice-versa. Algumas peças de montagem, como rodinhas, *bricks* (tijolos), entre outras peças, que contém nos *kits* da Lego, não constam nos *kits* Arduino, mas podem ser adquiridos na *internet*. Logo a construção de determinado projeto ou aplicação, com os *kits* Arduino, poderá ocorrer a falta dessas peças. Cabe ao construtor, elaborar/adquirir essas peças, por meio de compra ou construir por meio de sucata, papelão, plástico, borracha, ou até uma impressora 3D.

Como nosso projeto envolvia o trabalho da robótica livre, que por definição de César (2013), ocorreria a construção dos robôs com sucata e materiais disponíveis. Utilizamos borracha, metal, sucatas eletrônicas, fita crepe, fita isolante, entre outros materiais.

Isso poderia ser ruim por um lado, já que daria mais trabalho aos participantes. Mas por outro, daria uma dinâmica na forma de pensar em como fazer dar certo a construção do projeto. E isso, viabilizaria os testes, e a partir desses, ocorreriam conclusões por parte dos estudantes, de como modificar, para que se obtivesse o melhor resultado possível. Em nosso

projeto um elemento não foi totalmente livre, que é o caso da utilização de um notebook com MS Windows.

### 2.3.1 Arduino: o que é?

O Arduino surgiu na Itália, por volta de 2005, como meio de interação em projetos escolares, sendo uma alternativa as plataformas de prototipagem, pelo custo ser menor a outros sistemas da época. O sucesso foi tanto que em 2006, ganhou uma menção honrosa pela *Prix Ars Elettronics*. Dois de seus criadores, Massimo Banzi e Michael Shiloh, define Arduino como:

O Arduino é uma plataforma de computação física de fonte aberta para a criação de objetos interativos independentes ou em colaboração com softwares de computador. Ele foi projetado para artistas, designers e outros profissionais que queiram incorporar a computação física a seus projetos sem que para isso precisem ter se formado em Engenharia Elétrica. (Banzi e Shiloh, 2015, p. 17).

O Arduino é um projeto criado com a filosofia *easy-to-use*: fácil de usar. Para isso usa dos ideais do *Software Livre*, lançando seus produtos, como *Hardware Livre*, que pode ser usado, modificado, complementado e compartilhado, até mesmos seus *softwares* de programação da placa, como *Software Livre*. Segundo Banzi e Shiloh (2015),

O hardware e o software são de fonte aberta. A filosofia da fonte aberta promove uma comunidade que compartilha seu conhecimento generosamente. Isso é ótimo para iniciantes porquê com frequência há ajuda disponível geograficamente perto, e sempre a ajuda online, em níveis de habilidades diferentes e para um inacreditável número de tópicos. (Banzi e Shiloh, 2015, p. 17).

As versões das placas Arduino variam de acordo com o microcontrolador utilizado. Na Figura 2.3 observa-se os dois tipos de placas.

Figura 2.3: Arduino Uno.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Aparentemente, essas duas placas parecem ser diferentes, mas só na aparência. A primeira placa tem o microcontrolador destacável, você pode programá-lo e aplicá-lo em projetos construídos fora da placa Arduino. Isso é ideal para trabalhos onde se faz programação do microcontrolador e depois, usa-se, este microcontrolador numa placa de projeto final, como por exemplo, uma máquina de lavar, ou seja, para se fazer o próximo projeto a única coisa que se deverá trocar na placa de programação do Arduino, seria o microcontrolador.

Já a segunda placa, o microcontrolador é menor, mas o mesmo microcontrolador. O conjunto tem o poder de fazer as mesmas tarefas da primeira, tecnicamente, as placas são iguais. Só que a primeira tem o microcontrolador destacável e a segunda não. Portanto com a segunda placa, também poderíamos aplicá-la em um projeto definitivo, porém, não conseguiríamos usar somente o microcontrolador. Teríamos que utilizar a placa inteira, alimentada por uma fonte externa, pois não poderíamos extrair o microcontrolador da placa.

Existem vários tipos de placas Arduino como podemos vislumbrar em Arduino (2021b).

### 2.3.1.1 – O que é um microcontrolador?

Basicamente, um microcontrolador é um computador inteiro dentro de um único *chip*, que dentro dele tem o processador, a memória de armazenamento, memória de processamento e periféricos de entrada e saída. Segundo Banzi e Shiloh (2015),

Esse computador é no mínimo mil vezes menos poderoso do que o MacBook que estou usando para escrever este texto, mas é muito mais barato e útil para a criação de dispositivos interessantes. (Banzi e Shiloh, 2015, p. 32).

Este tipo de tecnologia está presente em no nosso cotidiano há vários anos. Ela é utilizada desde aparelhos de TVs antigas (TV de tubo), aparelhos de receptores via satélite, máquina de lavar, micro-ondas e outros aparelhos.

O microcontrolador por si só não faz nenhuma ação. Para isso é necessário criar um circuito ou esquema elétrico/eletrônico. Através deste esquema elétrico/eletrônico, que será conectado em determinada porta da placa, e essa porta do microcontrolador necessitará de um programa específico para o controle deste circuito. Parece, à primeira vista, algo muito complexo, mas é bem simples.

O esquema da Figura 2.4 mostra um pequeno circuito robótico.

Figura 2.4: Circuito Arduino, resistor e LED.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Temos na Figura 2.4 um circuito simples com *LED*, resistor e Arduino. O polo negativo do *LED*, que possui a “perna curta” é ligado ao negativo (GND) da placa Arduino.

Como a saída do Arduino é de 5 V, limitamos a corrente elétrica, que percorrerá o *LED*, através de um resistor. O valor aproximado da corrente elétrica, para que um *LED* comum funcione corretamente, é de aproximadamente 20 mA e sua voltagem de funcionamento, é de aproximadamente 2 V. Daí utilizamos da Lei de Ohm,  $U = R \cdot i$ , onde  $U$  é a tensão/voltagem,  $R$  é o valor da resistência do resistor a ser utilizado e  $i$  é a corrente elétrica que circula o circuito. Fazendo  $U - V_{LED} = R \cdot i_{LED}$ , onde  $U$  é a voltagem onde se quer ligar o *LED*,  $V_{LED}$  é a voltagem de funcionamento do *LED*. Observe que estamos utilizando a porta de número 9 para alimentar o *LED*, ou seja, essa porta deve ser uma porta de saída. Logo tendo  $U = 5 \text{ V}$ ,  $V_{LED} = 2 \text{ V}$  e  $i_{LED} = 20 \text{ mA}$ , teremos:

$$5 \text{ V} - 2 \text{ V} = R \cdot 20 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 3 \text{ V} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot R \Rightarrow \frac{3}{20 \cdot 10^{-3}} = R \quad (1)$$

Logo:

$$R = \frac{3 \cdot 10^3}{20} \Rightarrow R = \frac{3000}{20} = 150 \Omega \quad (2)$$

Portanto para o funcionamento correto do *Hardware*, necessitaríamos de um resistor cuja resistência é de 150  $\Omega$ . No exemplo, da Figura 2.4 utilizamos um resistor de resistência de 220 Ohms. Não é um valor igual ao exigido, mas faz o circuito funcionar, porém com um brilho menor, pois permitirá uma passagem menor de corrente elétrica, evitando a queima do *LED*. O próximo passo é controlar o Robô/*Hardware*, através do microcontrolador.

### 2.3.1.2 – Como controlar o microcontrolador?

Em si, sem programa para o microcontrolador, o circuito não é capaz de executar uma ação, então utilizamos de uma IDE<sup>12</sup> (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de desenvolvimento integrado). O Arduino possui sua própria IDE, que pode ser obtido de forma gratuita em sua página oficial, Arduino (2021b) e está disponível para diversos sistemas operacionais, como *Linux*, *Mac* e *Windows*, além de possuir um próprio editor online. No *Linux Ubuntu 20.04.1 LTS (Long Term Support)*, o IDE tem a seguinte aparência:

---

12 A IDE, do inglês *Integrated Development Environment*, é um ambiente de desenvolvimento integrado, o qual é composto de *software* de programação, compilação, depuração, em um único programa.

Figura 2.5: Aparência do IDE Arduino no Ubuntu 20.04.01 LTS.

```

Carrinho_controlado_por_Arduino_comcorre_o_de_rota_invertida
//motor_A
int IN1 = 2 ;
int IN2 = 4 ;
int velocidadeA = 3;

int valorvela = 0;

int ldre = A0;
int ldrd = A1;
//motor_B
int IN3 = 6 ;
int IN4 = 7 ;
int velocidadeB = 5;
int valorvelb = 0;

//variavel auxiliar
int velocidade = 0;

//Inicializa Pinos
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(IN1,OUTPUT);
  pinMode(IN2,OUTPUT);
  pinMode(IN3,OUTPUT);
}
1

```

Fonte: Arquivo Pessoal.

O que poderá mudar dependendo do Sistema Operacional utilizado, é a aparência das janelas e da forma que o sistema reconhece a placa Arduino na porta USB.

Retornando ao circuito da Figura 2.4, observe que conectamos a alimentação do *LED*, na porta de número 9. Então no IDE, criamos um projeto novo e criamos a variável *pin\_led*. Como toda variável matemática, ela pode assumir diversos valores em determinado conjunto. Mas como estamos a utilizar a porta de número 9, que é um número inteiro, declaramos a variável *pin\_led*, usando *int*, que é uma função da linguagem de programação C/C++, para declarar variáveis que assumem, como valores, números inteiros, no nosso caso, 9. Dentro da função *setup*, que em tradução livre, configuração, declaramos como essa porta será utilizada. Pode ser como porta de saída ou entrada. No nosso caso declaramos como OUTPUT, que em tradução livre, resultado, mas que significa saída de algum valor. E na função *loop*,

declaramos o que o programa fará com o circuito em *loop*, ou seja, se continuar ligado, o circuito repetirá a ação de forma infinita. Como estamos usando a porta de número 9, que na versão do Arduino Uno que está sendo utilizado, é uma porta digital, então usamos a função de ação, *digitalWrite*. Essa função escreve em uma porta digital, determinado valor. Por definição, portas digitais aceitam valor da álgebra booleana. Ou seja, valor verdadeiro ou falso, ou de matemática binária 0 ou 1.

Então a função *digitalWrite* ou escreve em determinada porta indicada, HIGH ou LOW. HIGH, significa que sua alimentação será de aproximadamente 5 V. Quando LOW, sua alimentação será de aproximadamente 0 V. Veja o *software* para o controle do circuito, na figura abaixo:

Figura 2.6: Programa de controle de *LED* no Arduino.



```

led_simples.ino
int pin_led = 9; //número da porta conectada

void setup() {
    pinMode(pin_led, OUTPUT); //configurando a porta conforme entrada ou de saída, no nosso
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
    digitalWrite(pin_led, HIGH); // liga o led. A voltagem aqui é máxima (5v)
    delay(1000); //espera um segundo = 1000 ms
    digitalWrite(pin_led, LOW); // desliga o led. A voltagem é mínima (0V)
    delay(1000); // espera um segundo = 1000 ms
}

```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Observe na Figura 2.6 que a função *digitalWrite*, escreve, naquela porta que definimos como *pin\_led*, no início do programa, o valor HIGH. Isso fará o *LED* ligar. Com a função *delay(1000)*; o *LED* permanece aceso por 1000 milissegundos. Se não escrevermos para desligar, o *LED* permanecerá ligado por tempo indeterminado. Para que possamos desligá-lo, usamos novamente a função *digitalWrite*, para escrever no pino 9, LOW, ou seja, envia para a porta 9, aproximadamente 0 V, que desliga o *LED*.

Observe que se utiliza até aqui, *LED*, resistor, fios, placa Arduino, um computador, e uma linguagem de programação. Esse conjunto de materiais e processo, que utilizamos, cria-

se um autômato, um produto robótico.

Nessa construção, o *LED*, o resistor, os fios, e a placa Arduino, seriam segundo PAPERT (1980), os materiais concretos necessários à construção das estruturas intelectuais do estudante. E para controlar esse circuito, necessita-se de uma linguagem, essa linguagem conectará o pensamento humano ao funcionamento da máquina/circuito, de modo a se entender o que ocorre em todo o processo.

Para PAPERT (1980), é importante que o estudante aprenda a linguagem de programação. Não há linguagem que possui menor número de função ou “palavras”, mas uma linguagem onde se possa expressar bem, o que se pensa, através do computador. Completando estas palavras tema de FREIRE (1967, p. 104), que diz:

Partíamos de que a posição normal do homem, [...] era a de não apenas estar no mundo, mas com ele. A de travar relações permanentes com este mundo, de que decorre pelos atos de criação e recriação, o acrescentamento que ele faz ao mundo natural, que não fez, representado na realidade cultural. E de que, nestas relações com a realidade e na realidade, trava o homem uma relação específica — de sujeito para objeto — de que resulta o conhecimento, que expressa pela linguagem. (FREIRE, 1967, p. 104).

Podemos observar que o conhecimento gerado, perpassa pela relação do homem com o mundo, que para ser expressa necessita de uma linguagem. Observa-se que tanto para Freire, Papert e Piaget, são necessários materiais e meios para a construção do conhecimento. Em Freire (1967) e Papert (1980), é necessária uma linguagem para expressar e conectar o pensamento com o mundo concreto, para gerar conhecimento.

Um ponto importante do uso da matemática em conjunto com a robótica educacional, usando a plataforma Arduino, ocorre com o uso da linguagem de programação C.

O uso da linguagem é importante, segundo PAPERT, sobre a importância de se aprender uma linguagem de programação com se fosse uma linguagem de fala materna. Segundo FREIRE (1967), “a linguagem lida/escrita/falada, é importante pois é a forma que a pessoa tem de ler e realizar uma ação/posicionar no mundo”, bem como por Larrosa (2002), que nos ensina que através da linguagem o ser, lê o mundo, se expressa no mundo, e através de sua expressão no mundo, se autoavalia e através dessa autoavaliação, ocorre uma mudança em suas experiências de si, progredindo como ser/pessoa.

### 2.3.2 Por que Arduino e não um computador *Hardware Livre*?

Os participantes do projeto de robótica nunca haviam tido contato com ela. A utilização de um computador livre, talvez não fosse o mais adequado, pois esse tipo de *hardware* precisaria de um Sistema Operacional e outras necessidades operacionais, que são desconhecidas, tanto pelos participantes, quanto pelos pesquisadores, mas algo a ser estudado futuramente.

Então o Arduino nos pareceu a melhor opção pela facilidade de programação, pois era necessário apenas para o controle da placa, não sendo necessário um Sistema Operacional externo. Outra justificativa, pelo IDE ser de fácil manuseio e aprendizagem, para quem está começando. Por ela, é fácil observar os erros de compilação, erros de conexão de placa, bem como orientação/exemplos de que o próprio IDE nos fornece.

### 2.3.3 – Alguns Microcomputadores de *Hardware Livre*

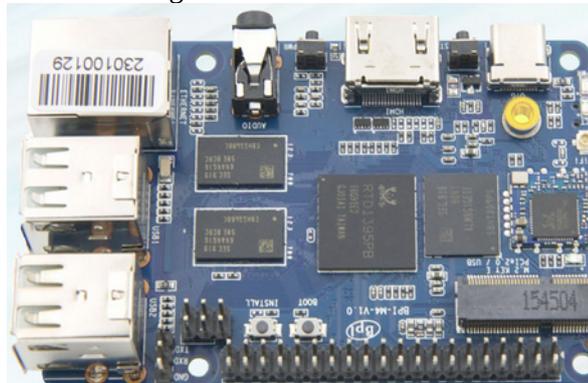
#### 2.3.3.1 – Banana pi

É um computador do tipo *DIY*<sup>13</sup>, faça você mesmo, que é um *Hardware Livre*. A empresa desenvolve várias versões de *Hardware*s. Basicamente, as placas são equipadas com um processador, memória *RAM* e *ROM*, e módulos de conexão com a internet. Cada placa tem um diferencial, podem ser que algumas tenham o módulo *Bluetooth* ou uma quantidade maior de *RAM* ou armazenamento *ROM*.

---

13 *DIY* – Do it Yourself, que em tradução livre, “Faça você mesmo”.

Figura 2.7: *Banana Pi M4.*

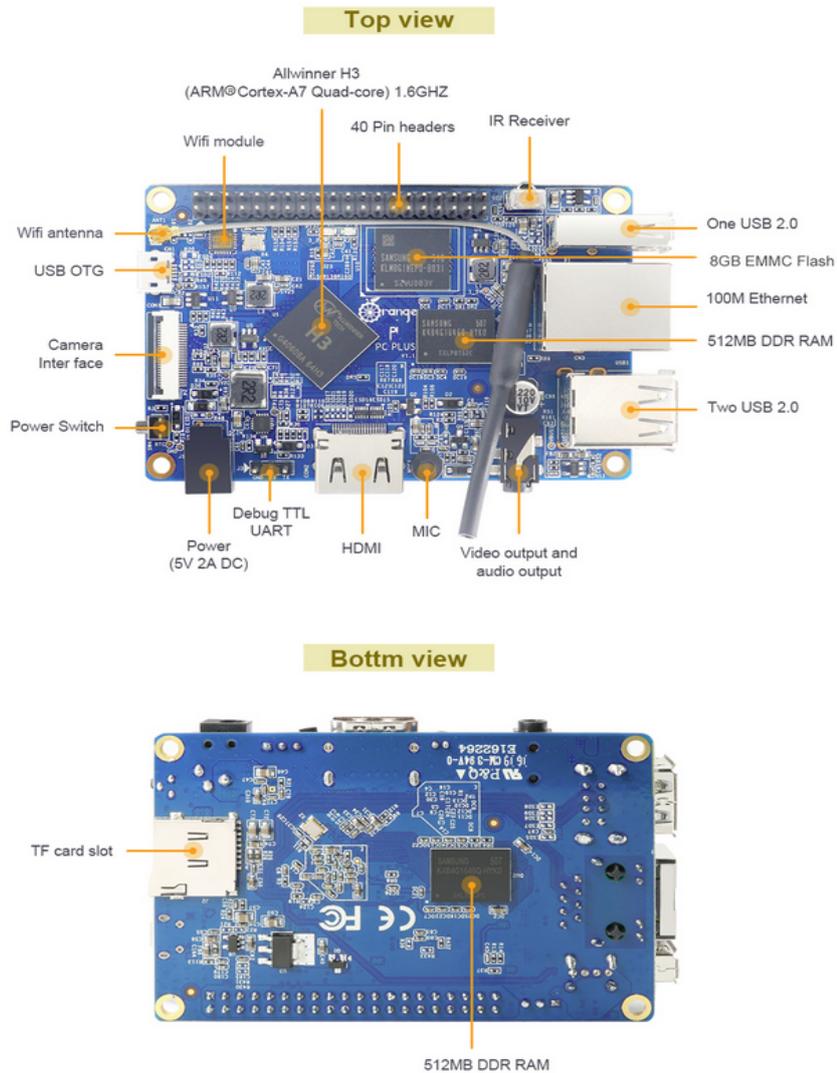


Fonte: Sinovoip (2018).

### 2.3.3.2 – Orange Pi

Segundo o fabricante, o *Orange Pi*, é uma placa computacional *hardware* livre. Segundo o site da Fabricante, “Ele pode rodar o Android 4.4, Ubuntu, Debian, Raspbian Image.” (LIMITED, 2020).

Figura 2.8: Orange Pi PC Plus



Fonte: Orange Pi (2016).

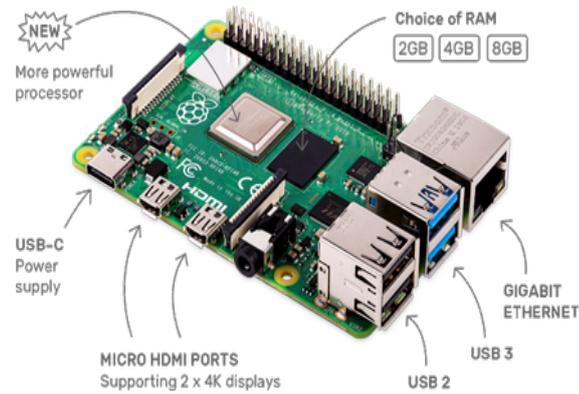
Do mesmo modo que as placas *Banana Pi*, as placas *Orange pi*, são equipadas com processadores, memórias *RAM/ROM*, armazenamento *EMMC flash*, e outros periféricos.

### 2.3.3.3 – Raspberry Pi

Assim como o *Banana pi* e o *Orange Pi*, é um computador do tipo *DIY*, licenciado sob *Hardware Livre*, e talvez o mais famoso deles, um pequeno computador voltado para ensino

de ciências da computação, robótica, *Internet das coisas*<sup>14</sup>, e variadas aplicações.

Figura 2.9: Raspberry Pi Model 4 B.



Fonte: Raspberry Pi (2021).

Diferente dos outros modelos, o *Raspberry Pi*, possui muita documentação, projetos, manuais no site do fabricante, que permite, para quem está começando na área, ter maior facilidade na aprendizagem/desenvolvimento.

---

14 Internet Of Things – IOT.

## 2.4 O TRABALHO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE DO ENSINO DE MATEMÁTICA

A respeito de trabalhos de REL<sup>15</sup>, podemos destacar o trabalho de Alves (2017). Alves fez um trabalho de robótica, utilizando a plataforma Arduino, com seus estudantes do curso técnico integrado, meio ambiente ao ensino médio do IFTM, do *campus* de Uberlândia – MG.

Em seu trabalho Alves faz uma reflexão da sociedade digital, cultura digital e da educação, para justificar o uso de robótica e materiais tecnológicos e digitais. Foram desenvolvidos com seu grupo de estudantes projetos voltados ao benefício e economia de recursos do meio ambiente. Os projetos desenvolvidos pelo autor e seus estudantes foram: descarga automática, rega automática de horta e um chuveiro inteligente. Segundo Alves (2017 p. 234):

Os dizeres das participantes apontam para o educar pela pesquisa numa perspectiva da Modelagem Matemática para a Educação, pesquisa que acontece de duas maneiras: a fundamental e a aplicada. A fundamental, que visou descobrir os modelos matemáticos que regem o mundo eletrônico do Arduino. A aplicada, que visou inventar aplicações práticas para os (ou a partir dos) modelos fundamentais. Neste trabalho, as pesquisas fundamental e aplicada caminharam entrelaçadas. A primeira, buscando ler e explicar o mundo do Arduino, a outra, usando essa leitura de mundo para obter instrumentos para economia de água que os sujeitos do grupo almejavam. (ALVES, 2017, p. 234).

Alves complementa ainda que:

Por meio dos projetos Regador, Descarga e Chuveiro, os quais foram construídos com a tecnologia Arduino, fomos expostos a uma ampla gama de modelos matemáticos que foram indispensáveis para a produção das referidas tecnologias. (ALVES, 2017, p. 238).

Observa-se no trabalho do autor que ocorre um interesse dos estudantes ao projeto. Se antes havia estudantes que não se interessavam por tecnologias, computadores e matemática, agora observa-se um olhar diferente por parte do estudante em relação a essas áreas de conhecimento, percebiam, que a

Transformação que para a aluna A7G3 está na relação entre pesquisa tecnológica e pesquisa científica, nos dizeres dela: “antes do projeto eu não via graça em nada relacionando a informática, nem tão pouco a matemática, agora consigo imaginar a matemática além dos cálculos, uma matemática que pode ser encontrada em tudo, até onde você menos espera, no meu caso no meio ambiente”. (ALVES, 2017, p. 236).

---

15 REL – Abreviação para Robótica Educacional Livre.

Um outro trabalho que pode ser destacado é o de Luciano (2014). A autora buscava uma maneira de fazer com que seus estudantes tivessem mais interesse na disciplina de Física. Para isso ela faz seu trabalho com estudantes do Ensino Médio de um colégio da rede pública de ensino, pertencente ao Núcleo Regional de Maringá – PR, onde a autora selecionou seis estudantes para desenvolver projetos utilizando a robótica com a plataforma Arduino.

Com seus estudantes, Luciano (2014), desenvolveu atividades que iriam desde a utilização de resistores, capacitores, reguladores de tensão, entre outros componentes eletrônicos, até seu projeto final: a criação de um inseto robô, mas ressaltando sempre com seus estudantes qual conteúdo de Física fora utilizado na atividade.

Quando os alunos perceberam que poderiam construir seus conhecimentos, conceitos físicos e matemáticos de outra forma, nesse caso, por meio da construção de um dispositivo robótico, a postura deles se modificou. Conseguimos perceber que os alunos identificavam a necessidade dos conceitos para a construção do robô. Após cada etapa concluída, os alunos se sentiam mais motivados a avançar nas próximas tarefas, pois se sentiam satisfeitos com a sua atuação durante o processo de desenvolvimento anterior. (LUCIANO, 2014, p. 108).

Verifica-se no trabalho de Luciano (2014), que o uso dessas tecnologias livres e de *Softwares Livres*, apesar de não ser um *kit* comercial, também proporcionou aos estudantes uma busca pelo conhecimento, que vinham aparecendo a cada desafio que ocorria nas atividades propostas pela autora.

Outro trabalho que pressupõe o ensino de matemática através do Arduino é o de Cury e Hirschmann (2014). Segundo os autores:

Através do Arduino os alunos serão instigados, incentivados a procurar e entender como a matemática está diretamente envolvida com o desenvolvimento, seja ele para robôs, jogos, aplicações comerciais, automação residencial, entre outros. Isso contribuirá diretamente para o desenvolvimento cognitivo, autônomo, crítico e consciente dos alunos. (CURY e HIRSCHMANN, 2014, p. 2).

Os autores ao defender o Construcionismo de Seymour Papert, mostra que o uso da tecnologia Arduino no ensino de matemática torna a sua aprendizagem muito mais significativa, em relação ao construtivismo de Piaget. Segundo os autores:

[...] através da placa eletrônica arduino e um computador o aluno pode ser responsável pelo seu próprio conhecimento, buscando o aprendizado nessa perfeita união, fazendo o aprendizado por meio do faça você mesmo, motivando o mesmo através do construcionismo e do seu próprio envolvimento, tornando a sua aprendizagem muito mais significativa. (CURY e HIRSCHMANN, 2014, p. 4).

Os autores sugerem alguns conteúdos, do currículo matemático que podem ser

trabalhados através da referida tecnologia, como por exemplo: sistema numérico, calculadora simples, cálculos como área de círculo, Bhaskara, *LED* piscando, *array* de vetores, vetores e matrizes utilizando o laço *for*, matriz com dados fixos e matriz com dados randômicos. Cury e Hirschmann (2014, p. 4) concluem que:

Um dos maiores desafios dos professores atualmente é a utilização da tecnologia de forma correta com os alunos em sala de aula, fazendo com que os mesmos pensem, reflitam e desenvolvam a capacidade de utilizar o computador para pesquisar, interpretar e criar novos conhecimentos melhorando seu desempenho escolar e tornando o mesmo mais agradável. (CURY e HIRSCHMANN, 2014, p. 4).

Silva (2017), utilizou-se da robótica educacional, através da utilização da tecnologia Arduino no ensino de Matrizes, com os estudantes do 2º ano do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de Eletrônica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – *Campus* São Paulo (IFSP – *Campus* São Paulo) cuja regência era de um professor efetivo dessa instituição. O autor desenvolveu seu projeto de modo que os estudantes assimilassem os conceitos de elementos de uma matriz, além de trabalhar o movimento de um braço robótico com matrizes. Em sua proposta de ensino, o autor defende que:

A avaliação de todo o processo é feita continuamente, através da observação do professor/pesquisador sobre o andamento das experimentações e investigações dos estudantes, como também com as atividades e exercícios aplicados após a experimentação. (SILVA, 2017, p. 62).

E acrescenta:

Ao realizar a pesquisa ou deduzir o conceito de multiplicação de matrizes, os estudantes podem realizar novas inserções de matrizes, analisar a movimentação do braço, coletar os resultados, analisar e verificar se ocorrido na experimentação condiz com os resultados conceituais realizados por eles, assim criando um ciclo de experimentação, investigação matemática e generalização do conceito aprendido. (SILVA, 2017, p. 64).

Com essa proposta de ensino de conceitos básicos e operações de matrizes, o autor mostra que a proposta serve para que os professores mostrem aos seus estudantes como os conceitos e conteúdos aprendidos dentro do âmbito escolar está diretamente ligada ao nosso cotidiano, bem como servem de modelo para atividades profissionais, tornando-os cidadãos participativos e reflexivos. E ainda acrescenta,

[...] acreditamos que esta metodologia de ensino através do Arduino, da investigação e experimentação matemática não se fecha em si, mas abre um novo mundo para que os estudantes e o pesquisador criem inúmeras possibilidades de

aprendizagem coletiva e compartilhada dentro desta sociedade tecnológica que a cada dia exige mais dos seus cidadãos digitais. (SILVA, 2017, p. 62).

Silva (2019) desenvolveu um projeto pelo Programa ProfMat pela UFRRJ, utilizando da tecnologia Arduino e do MIT *AppInventor*, para a criação de duas ferramentas: plano de razões trigonométricas e Teodolito. O pesquisador desenvolveu seu projeto com 28 estudantes de 9º ano fundamental, que estudavam no turno da tarde da Rede Estadual localizada no Município de Nova Iguaçu – RJ, através de 4 encontros.

Em sua pesquisa o autor fez um pré-levantamento sobre o que os estudantes conheciam dos conteúdos que iriam ser trabalhados com a referida tecnologia. Após o desenvolvimento do projeto com seus estudantes, o pesquisador fez uma nova avaliação de quanto os estudantes haviam progredido naquele conteúdo. Ele observou que,

[...] podemos concluir que o uso do microcontrolador Arduino como recurso didático pode contribuir de maneira relevante para o desenvolvimento do aprendizado e para despertar o interesse do aluno para assuntos considerados, por eles, difíceis e desnecessários. O uso do Plano de Razões na construção do conceito de razões trigonométricas e do Teodolito na aplicação desses conceitos no cotidiano despertou um maior interesse do aluno para a trigonometria, e o ajudou a desenvolver o seu aprendizado com maior facilidade, fazendo com que ele desencadeasse aquele “pré-conceito” de que o conteúdo é difícil e impossível de aprender. (SILVA, 2019, p. 68).

O fato de se utilizar a tecnologia de robótica educacional, segundo o pesquisador, não garante que o conteúdo será absorvido em sua total plenitude. Segundo o autor, alguns estudantes ao fazer a resolução de algumas questões discursivas, deixam as questões pela metade, por dúvidas parciais que ocorreram ao manusear a tabela trigonométrica. Silva, justifica:

No entanto, apesar de ter alcançado os objetivos, o resultado deste trabalho, com relação ao aprendizado dos alunos, não foi totalmente satisfatório e isso se confirma quando durante as correções observamos que um grande número de alunos resolveu as questões discursivas de forma parcial devido a dúvidas pontuais, como por exemplo, a utilização da tabela trigonométrica. (SILVA, 2019, p. 68).

Segundo o autor, deveria ter ocorrido um encontro pós-construção das ferramentas, mas que não foi possível devido as eleições do ano de 2018.

Observa-se, também, em seu trabalho que tanto pesquisador, quanto estudantes, aprenderam a como se utilizar das tecnologias disponíveis, para que pudessem agregar conhecimento. Observa-se que não só os estudantes se beneficiaram com a construção e obtenção do conhecimento, mas também o pesquisador, como ele próprio conclui:

A construção desses instrumentos gerou uma grande motivação no autor deste trabalho que mesmo sendo um novato no desenvolvimento de aparatos com o App Inventor e o Arduino e, com a limitação de tempo para a conclusão deste projeto pôde-se perceber como é possível e estimulante desenvolver materiais que contribuam para o aprendizado dos alunos, sendo assim, o pesquisador pretende se aperfeiçoar cada vez mais nessas ferramentas e busca encontrar outras com a mesma finalidade a fim de seguir desenvolvendo diferentes atividades educacionais para diversos anos escolares de todos os níveis de ensino. (SILVA, 2019, p. 69).

No trabalho de Albuquerque, no Instituto Federal do Amazonas – IFAM, o autor faz um trabalho com a utilização da plataforma Arduino, com alunos do segundo ano do curso Técnico em Mecatrônica do IFAM/CMDI. Para avaliar a aprendizagem, os conceitos de programação em C/C++, se utilizando da plataforma Arduino, para isso o autor, trabalhou, em um primeiro momento, com a iluminação de um quarto, feito em uma maquete de papel.

Segundo o autor, com a técnica do livro *pop-up*, pois possibilitaria a visualização em 3D do quarto.

Percebe-se que o método proposto nesta aula prática de linguagem de programação utilizando o Arduino constitui num importante fator de estímulo de Pensamento Computacional dos alunos, uma vez que foi utilizado um cenário de exemplo da vida real para o aprendizado de estruturas condicionais. (ALBUQUERQUE, 2016, p. 59)

Albuquerque (2016) buscava em seu trabalho, mostrar a seus alunos, que a programação não é algo impossível de se aprender, pois,

É importante que os alunos percebam que a programação não é algo entediante e impossível de aprender, mas sim que ela é uma ferramenta interessante e útil que está presente no cotidiano, não só em computadores, mas nos celulares, televisores, caixas eletrônicas, máquinas de lavar, máquinas fotográficas, aparelhos DVD, entre outros, ou seja, há várias possibilidades além da tela preta do prompt de comando. (ALBUQUERQUE, 2016, p. 59)

No trabalho de Albuquerque (2016), observa-se a utilização da plataforma Arduino, voltada a programação, além de programar, os estudantes deveriam perceber, que ao fazer uma ação na tela do computador, através da programação, resultaria em uma ação no mundo real, através do controle de um atuador pelo Arduino.

O ensino e aprendizagem com robótica e Arduino, não é um processo para o aluno, é um processo com o aluno. Tanto professor e aluno estão aprendendo juntos, explorando novos recursos e se deparando com problemas novos à medida que a complexidade do projeto necessita de novas soluções. O que vimos nesses exemplos anteriores, quando o conhecimento se torna útil em situação, há motivação e interesse de se aprender mais para se

conseguir chegar ao objetivo de ter o dispositivo robótica pronto.

### 3. METODOLOGIA

Essa dissertação foi construída a partir de uma pesquisa de caráter qualitativa, sob o entendimento de Gibbs (2009) que uma pesquisa qualitativa, diz:

[...] tenta explicitamente gerar novas teorias e novas explicações. Nesse sentido, a lógica subjacente a ela é indutiva. Em vez de começar com algumas teorias e conceitos que devem ser testados ou examinados, essa pesquisa privilegia uma abordagem na qual eles são desenvolvidos junto a coleta de dados, para produzir e justificar novas generalizações e, assim, criar novos conhecimentos e visões. (GIBBS, 2009, p.20).

Dentro da perspectiva qualitativa, desenvolvemos um estudo de caso que segundo Triviños (1987),

É uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa aprofundadamente. Esta definição determina suas características que são dadas por duas circunstâncias, principalmente. Por um lado, a natureza e abrangência da unidade. (TRIVIÑOS, 1987, 133-134).

Já Yin (2015), define estudo de o caso em duas partes, sendo a primeira traz o escopo do estudo de caso, definido como:

O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes. (YIN, 2015, p. 17).

Segundo Yin (2015), essa definição nos permite utilizar a pesquisa de estudo de caso por desejarmos entender um fenômeno do mundo real, e presumir que este entendimento envolva itens e condições que são pertinentes ao caso de estudo.

Já a segunda parte da definição proposta por Yin (2015), surge, pois, o fenômeno e o contexto, nem sempre são distinguidos em situações reais. Dentro desse contexto, Yin observa que existem outras características importantes ao estudo de caso, que segundo o autor, a investigação do estudo de caso conta com os seguintes pressupostos:

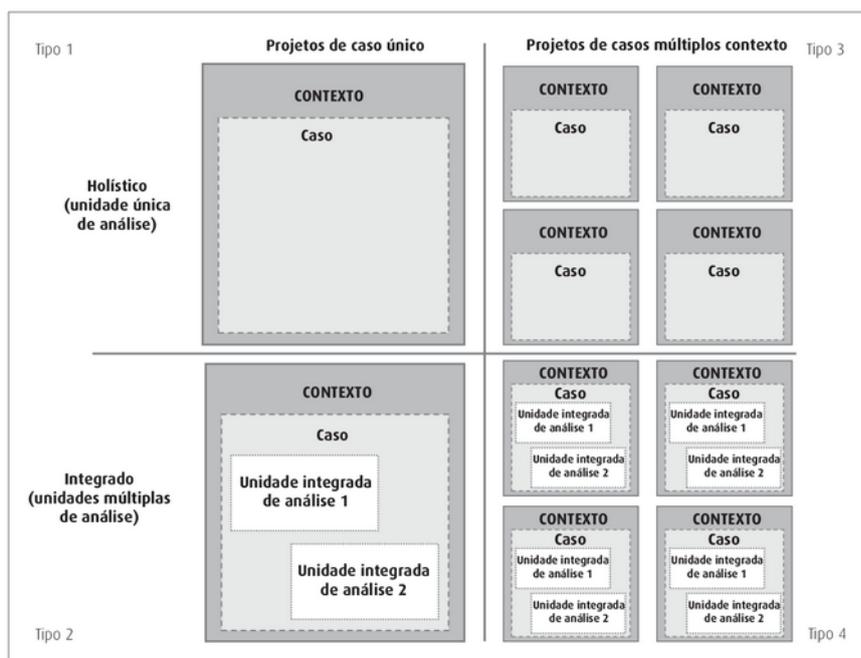
- enfrenta a situação tecnicamente diferenciada em que existirão muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado
- conta com múltiplas fontes de evidência, com os dados precisando convergir de maneira triangular, e como outro resultado
- beneficia-se do desenvolvimento anterior das proposições teóricas para orientar a coleta e a análise de dados. (YIN, 2015, p. 18).

A definição em duas partes, proposta por Yin, em escopo e características do estudo de caso, se dá, pois, a pesquisa de estudo de caso é um método muito abrangente. Ela cobre a “lógica do projeto, as técnicas de coleta de dados e as abordagens específicas à análise de dados” (YIN, 2015, p. 18).

Na pesquisa de natureza qualitativa tem-se o desejo de gerar um cenário de reflexões, cujo maior objetivo é a criação de modelos teóricos ricos sobre a realidade estudada. É possível entender que, no decorrer da pesquisa, há o fornecimento dos elementos mais importantes para a construção e análise de dados dos sujeitos pesquisados. Considerando o contexto de pesquisa, em cada momento, o pesquisador deve estar apto a estabelecer novas estratégias de análise, tendo como referenciais suas interpretações sobre a realidade pesquisada.

Um projeto de estudo de caso pode conter um, dois ou mais casos a serem estudados, podendo o caso se dividir em unidades de análises. Nessa abordagem Yin (2015), nos traz quatro tipos de projetos de estudo de caso, como podemos observar na Figura 3.1.

Figura 3.1: Tipos de projetos de estudo de caso.



Fonte: YIN (2015, p. 53).

Nossa pesquisa foi desenvolvida com base em um projeto de estudo de caso único com unidades integradas de análise, tendo como caso as aulas de robótica pedagógica livre

desenvolvidas. As aulas de robóticas se dividiram em duas unidades integradas ao caso: aulas para à construção do robô seguidor de linha, e aulas para à construção do robô sensor de distância.

Como para cada tipo de obtenção de dados tem seus prós e contras, utilizamos os seguintes instrumentos para a construção e registro de dados:

- Documentação (em nossa pesquisa através de questionários, vídeos, arquivos de áudios);
- Registro em arquivos (Vídeos, Imagens, Áudios, Arquivo de Textos Eletrônicos ou em Papel);
- Entrevistas;
- Observações diretas;
- Observação participante;
- Artefatos físicos.

Com essas múltiplas fontes de evidências, criamos uma base de dados do estudo de caso, onde podemos manter o encadeamento das evidências coletadas/observadas.

Para a realização da análise de dados, utilizamos algumas estratégias para o estudo, partimos de estratégia geral para uma estratégia específica. Segundo Yin (2015), “brincar” com os dados nos permite obter alguns padrões e “*insights*” ou conceitos promissores. Esses padrões, “*insights*” e/ou conceitos promissores, são criações preliminares. Para ele,

Algumas dessas criações preliminares – como matrizes, representações, tabulações, notas ou diagramas – irão ajudá-lo a seguir em direção a uma estratégia analítica geral. A estratégia necessária deve seguir um ciclo (ou ciclos repetidos) envolvendo suas questões de pesquisa originais, os dados, seu manuseio e sua interpretação justificáveis dos dados e sua capacidade de expor algumas descobertas e tirar algumas conclusões. (YIN, 2015, p. 140).

Das estratégias gerais de análise, Yin (2015) estabelece como: Contando com proposições teóricas, Tratando seus dados “a partir do zero”, Desenvolvimento da descrição do caso e Examinando explicações rivais plausíveis. Assim, entendemos e escolhemos trabalhar com a estratégia geral tratando os dados “a partir do zero”, para assim, analisar e identificar os padrões que podem levar há um ou mais conceitos relevantes.

Para a estratégia de análise de dados específicos, utilizamos de modelos lógicos, de nível individual para nível organizacional. Individual, quando analisamos o processo de cada

estudantes, e organizacional, quando observamos o desenvolver robótico do grupo.

#### **4. O CONTEXTO DA PESQUISA: COM QUEM, ONDE E COMO?**

Antes da realização da pesquisa foi realizado um convite junto aos alunos e entregue a cada um destes, duas vias da documentação necessária para sua participação no projeto de pesquisa. Foi explicado ao participante como funcionaria o projeto, que ocorreria no contraturno em que estudava, que o estudante obteria novos conhecimentos, e conhecimentos utilizando de tecnologias atuais. A cada participante foi entregue duas vias do TALE (Termo de assentimento livre e esclarecido) e do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Uma cópia assinada ficaria com o pesquisador e a outra com o responsável do participante, caso ele fosse menor de idade.

Esta pesquisa está relacionada ao projeto intitulado como, “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”, cadastrado na plataforma Brasil com número 91278218.7.0000.8409. Em 18/11/2019 foi aprovado o parecer para o início do projeto. Até aprovação pelo comitê de ética, houve algumas desistências por parte dos estudantes. Alguns por não ter tempo de comparecer ao colégio no contraturno, pois ajudava a mãe em casa e outros motivos; outros, porque começaria a trabalhar no turno da tarde. Com essas desistências ficaram dois estudantes, em seguida recebemos mais 2 alunos, assim, contamos com 4 participantes para nosso estudo.

##### **4.1 DOS PARTICIPANTES**

Os participantes foram estudantes do 9º Ano do Ensino Fundamental da instituição onde se desenvolveu a pesquisa. A participação de cada estudante só foi permitida por meio da apresentação da documentação exigida. Iniciamos a pesquisa com um total de quatro participantes, bem como foi o número no término da pesquisa, não ocorrendo desistência(s).

A fim de manter em sigilo os participantes, por eventual discordância ou outro problema que pudesse ocorrer, os participantes no presente texto, são nomeados por apelidos, por eles mesmos escolhidos. Essa proposta de apelidos, foi colocada durante a realização da primeira aula e os estudantes escolheram como queriam que fossem identificados.

Quadro 1: Quadro de identificação dos participantes.

Estudante/ Participante	Apelido
Estudante 1	Apelido
Estudante 2	Sombra
Estudante 3	Geanelli
Estudante 4	Luz

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Alguns escolheram seus apelidos por se aproximar de seus nomes, outros por ter afetividade pelo apelido. Ao analisar a idades dos participantes do projeto, tivemos a seguinte distribuição:

Figura 4.1: Distribuição das idades dos participantes.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Quanto ao percurso educacional dos estudantes, tínhamos alguns estudantes que sempre estudaram em escola pública e outros advindos da rede privada. Então buscando obter a origem educacional dos participantes, anterior a implantação do Colégio Militar na cidade, obtemos os dados da Figura 4.2.

Figura 4.2: Origem Educacional dos participantes antes a implantação do Colégio Militar.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

A prática da robótica com Arduino, a partir da nossa experiência, precisaríamos que os estudantes saibam minimamente ligar o computador, instalar o *software* IDE Arduino e digitar. Nesse sentido queríamos saber, o quanto nossos participantes tinham afinidade com um computador e se eles possuíam computador em casa. Observamos, por meio do questionário, que todos os participantes possuíam computador em casa.

Pensando no uso do computador, de como eles o usam, se para navegar na internet, estudar, ou outros fins, ocorreu uma pergunta: O que mais gostam de fazer no computador? A resposta foi unânime: Jogar. Apenas um aluno indicou, que gosta de jogar e tentar criar jogos.

Figura 4.3: O que os participantes gostam de fazer no computador.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Podemos verificar que os participantes, além de usar o computador para jogarem, alguns também o utilizam, como ferramenta de criação de jogos. Portanto existe uma necessidade, surgida naturalmente no participante, em utilizar o computador como ferramenta de criação.

Somados ao uso de computadores, como um videogame, queríamos saber o que eles gostam de fazer na Internet. Obteve-se os seguintes dados:

Quadro 2: O que os participantes gostam de fazer na Internet?

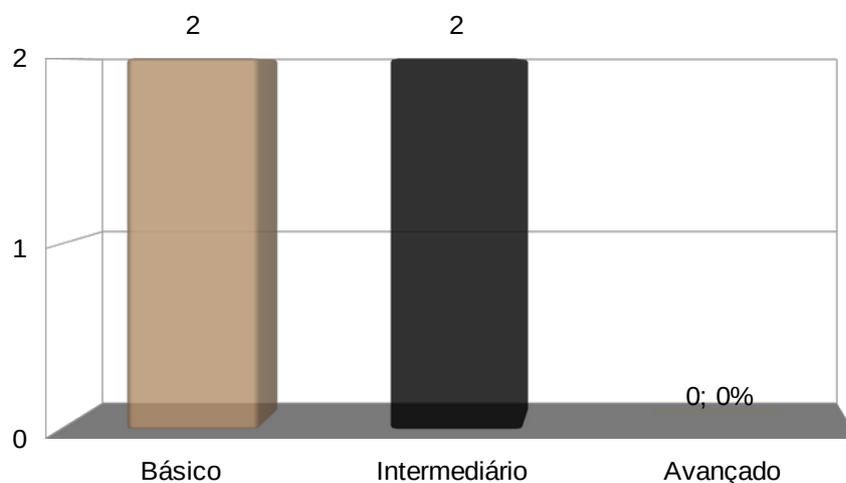
Sombra	Jogar
Geanelli	Youtube.
Luz	Pesquisar e jogos online.
Harry Potterson	Ver Vídeos.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Embora utilizem o computador para jogar e criar jogos, conectados à *Internet*, alguns jogam e outros a utilizam para ver vídeos no *YouTube*.

Assim, ao utilizarem o computador com meio de entretenimento, queríamos verificar qual a habilidade computacional que os participantes possuíam, então obtivemos as seguintes respostas, apresentadas no gráfico da Figura 4.4.

Figura 4.4: Nível de experiência dos estudantes com computadores.

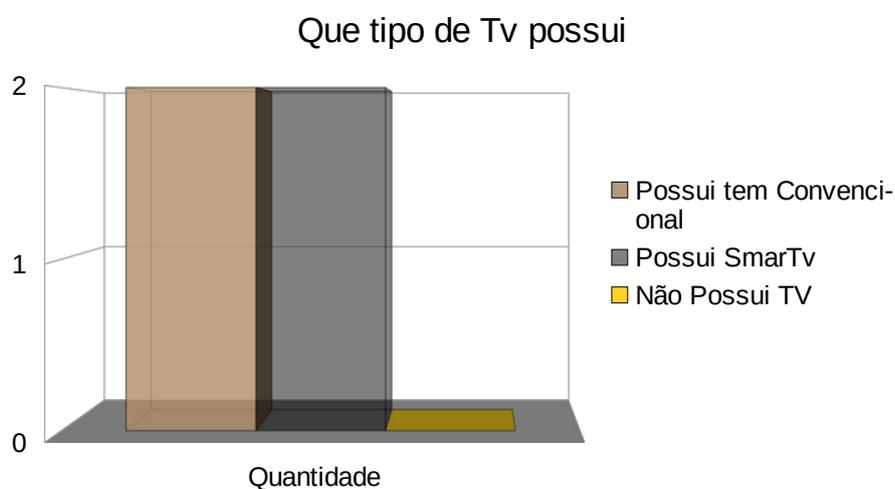


Fonte: Elaborado pelos Autores.

Ressaltamos que não criamos um teste para a avaliação das habilidades computacionais dos estudantes. As repostas fornecidas acima, foram dadas a partir da percepção que os participantes tinham sobre si mesmos, em relação ao uso do computador. O gráfico reflete como o participante se identifica, com suas habilidades computacionais.

O gráfico da Figura 4.5, nos apresenta o questionamento sobre quanto ao possuir TV em casa e de que tipo. Tivemos os seguintes dados:

Figura 4.5: Relação dos estudantes que possui TV em casa e de que tipo.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Todos os estudantes, participantes do projeto, possuem computador em casa, TV e aparelho celular. Podemos observar, que os participantes são bastantes conectados a tecnologia atual.

Buscávamos entender qual a relação afetiva dos estudantes com à Escola. O entendimento da relação do estudante para com à escola, poderia nos fornecer, qual o grau de engajamento, o quão os participantes poderiam estar comprometidos com o projeto de pesquisa e com à Escola. Quando perguntado sobre o que mais gostam da/na Escola, tivemos as seguintes respostas:

Quadro 3: O que mais gostam na Escola?

Sombra	Não respondido.
Geanelli	Recreio.
Luz	Não respondido.
Harry Potterson	As aulas de mat. aplicada.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Com o objetivo de obter informações sobre o que os participantes sabem sobre Robótica, fizemos a seguintes perguntas: “O que você sabe sobre robótica?” Obtemos as seguintes respostas:

Quadro 4: O que os participantes sabiam de robótica antes do projeto de pesquisa.

Sombra	Nada.
Geanelli	Praticamente nada.
Luz	Praticamente nada.
Harry Potterson	Quase nada, bem pouco.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Analisando os dados sobre o conhecimento sobre robótica, percebemos que os participantes, tinham acesso a tecnologias atuais e que praticamente não sabiam o que era robótica. Ressaltamos, que o participante “Sombra”, tinha um certo conhecimento de robótica,

pois seu pai é professor da área de tecnologia e robótica de Instituto Federal de ensino.

Segundo o participante Geanelli, até àquele momento não tinha conhecimento sobre o que era robótica. Segundo Geanelli, quando indagado o que ele sabia sobre robótica, ele respondeu: “nada. Eu já tinha assistido Gigantes de Aço<sup>16</sup>, dos robô”.

Uma vez que os estudantes aceitaram a participação no projeto, buscávamos entender, qual o motivo os levara a querer participar. Então questionamos aos participantes, qual a razão em querer participar do projeto. A tabela abaixo apresenta o que obtemos de respostas por parte dos participantes:

Quadro 5: Porque os participantes aceitaram em participar do projeto de pesquisa.

Sombra	Pois meu pai é professor da área e gostaria de saber mais.
Geanelli	Eu queria aprender coisas novas.
Luz	Sempre tive curiosidade com essa parte da matemática, sem contar que todo conhecimento que se posso ser adquirido é válido.
Harry Potterson	Achei interessante.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Percebe-se que os participantes, tinham objetivos e visões diferentes do que era Robótica, alguns queriam aprender sobre Robótica, outros acharam a Robótica interessante, mas tudo causado pela curiosidade.

#### 4.2 ONDE E COMO SE DESENVOLVEU O PROJETO

A aplicação do projeto fora feita na instituição em que os participantes estudavam, sempre no contraturno das aulas curriculares. Utilizamos de uma sala que estava sem utilização pela instituição e em algumas aulas tivemos que utilizar uma outra sala. Como o número de participantes era pequeno, quatro participantes, não houve a necessidade de se utilizar projetor, mas que este poderia auxiliar.

As aulas foram feitas em *notebooks*, organizados em duplas. Nem todos os

---

16 Segundo a Wikipédia, Gigantes de aço é um filme norte-americano, do gênero ficção científica, estrelado por Hugh Jackman e dirigido por Shawn Levy. Em um futuro próximo, as lutas de boxe não são mais travadas entre humanos e sim por robôs gigantes. Sua estreia se deu em 7 de outubro de 2011.

participantes tinham *notebook*, e um dos participantes se ofereceu a trazer o seu e um que seu pai lhe havia emprestado. Tínhamos no total de 3 aparelhos. Só que um deles, tinha problemas em desligar por estar com a bateria comprometida. Então a partir da terceira aula, utilizamos apenas dois.

Utilizamos de lista esquemáticas e com orientações a serem seguidas pelos participantes, para que ocorresse a montagem de determinado projeto. Foi mostrado aos participantes, vários projetos que havíamos desenvolvido para aplicação. Os participantes escolheram fazer o carrinho seguidor de linha, o dispositivo para o cálculo da velocidade do som, a trena sem fim e por último, carrinho seguidor de linha se utilizando da plataforma Arduino para processamento de dados.

Foram desenvolvidas em um total de 7 aulas, com aproximadamente 1 hora e 30 minutos a 2 horas de duração cada. Algumas aulas, pela empolgação dos participantes, tiveram uma duração superior a 2 horas.

## 5. SOBRE O PROJETO, DA CONSTRUÇÃO AOS RESULTADOS

*Mega ultra hiper micro baixas calorias  
 Kilowatts, gigabytes  
 E eu o que faço com esses números?  
 Eu o que faço com esses números?  
 A medida de amar é amar sem medida  
 A medida de amar é amar sem medida  
 (Números, Humberto Gessinger)*

### 5.1 UM DELINEAMENTO DO CONTEXTO DO CASO EM ESTUDO: AS AULAS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL LIVRE

Para a realização do projeto, criamos algumas sequências didáticas. Cada sequência didática foi criada observando um objetivo. Durante a primeira aula foi exposto aos alunos, os projetos que tínhamos e poderíamos montar/estudar. Os participantes escolheram montar o robô seguidor linha.

Para isso precisávamos de dois motores, rodas, material para sustentar os motores, correção para virar o carrinho, LEDs, LDRs, fios, transistores, *Protoboard*<sup>17</sup>, resistores e resistores variáveis. Apenas a montagem, só por montar do circuito, em nossa percepção, não traria muito conhecimento aos participantes. Então desmembramos a fabricação/montagem desse robô seguidor de linha em cinco aulas, como poderá ser observado detalhadamente na seção 5.4.2 Montagem do circuito controlador do Robô seguidor de linha.

Colocamos todo cuidado na elaboração do material que foi utilizado no projeto. Mas ocorreram alguns pequenos erros no material, por mais que fora testado antes da aplicação do material aos participantes. Mas, mediante o estudo, da elaboração e estudos prévios dos materiais, houve a possibilidade de correção de todos os erros que ocorreram, durante a aplicação do projeto, sendo algumas correções com a participação dos participantes.

Na seção 5.4.3 – Desenvolvendo Robô para cálculo da velocidade do som, determinação de distância e Sensor de Ré/Presença por intermédio de ondas Ultrassônicas, trabalhou-se a utilização do Arduino com Sensor Ultrassônico, onde foi possível discutir a utilização de Ondas e seus Fenômenos, para a criação de artefatos robóticos que permitiram a medição da velocidade do som no ar, bem como medir distâncias através das ondas

---

<sup>17</sup> *Protoboard, Breadboard* ou placa de ensaio, é uma placa com furos (ou orifícios) e conexões condutoras utilizada para a montagem de protótipos e projetos em estado inicial.

ultrassônicas e a criação de um sensor de presença.

Cada projeto exigia de determinados conhecimentos, dito “curriculares” para a montagem dos robôs. Na seção 5.3 Dos conhecimentos necessários/desenvolvidos nas aulas , detalhamos os principais conhecimentos desenvolvidos no projeto.

## 5.2 PREPARATIVOS PARA INÍCIO DO PROJETO: PROBLEMAS QUE ENSINAM

No desenvolvimento do projeto, foram utilizados dois computadores. Um computador era do pesquisador do projeto e outro que um participante, por vontade própria, forneceu para se utilizar no desenvolvimento do projeto. Os participantes foram organizados de modo que pudessem trabalhar em duplas.

Os computadores eram de modelos do tipo *Notebook*. No Quadro 6, temos as informações técnicas dos computadores que foram utilizados no projeto, bem como o sistema operacional instalado em cada um deles.

Quadro 6: Características dos computadores utilizados no projeto.

<b>Marca</b>	CCE	DELL
<b>Modelo</b>	N325	Inspiron
<b>Processador</b>	Intel Core I3	Intel Core i7
<b>Memória RAM</b>	2 GB	4 GB
<b>Armazenamento</b>	500 GB	1 TB
<b>Placa Gráfica</b>	Intel® Ivybridge Mobile x86/MMX/SSE2	Amd Radeon
<b>Sistema Operacional</b>	Debian GNU/Linux 10 (buster)	Windows 8.1
<b>Arquitetura de Sistema</b>	32 bits	64 bits

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Outro material usado na pesquisa, foi a plataforma Arduino, que é composta da parte física (*hardware*) e uma parte abstrata (*software*). Na parte física monta-se o projeto concreto,

palpável e no IDE<sup>18</sup>, monta-se parte abstrata, que é um *software* que controlará a parte física, fazendo leitura, cálculos e realizando ações, mediante aquilo que foi programado.

O IDE Arduino pode ser baixado através do site, Arduino (2020)<sup>19</sup>, para diversos Sistemas Operacionais, como *Linux*, Mac OS e Windows, bem como para diversas arquiteturas, 32 bits e 64 bits, e em diferentes tipos de processadores, como Intel, AMD, ARM, e como é *software* de código aberto, pode-se compilar para outras arquiteturas. Mesmo parecendo simples, o processo de instalação de cada IDE, tem uma particularidade que pode ser vista no Capítulo 12 Apêndice C – Instalando o IDE Arduino. Vale ressaltar que na aplicação das aulas do projeto, o IDE já estava instalado. Os participantes, apenas, fizeram o uso dele.

O IDE, funciona todos os comandos e controle. Os problemas que tivemos, foram com relação a identificação da placa pelos sistemas operacionais utilizados pelo projeto. Uma observação importante é que a instalação do IDE Arduino no Windows 8 e 8.1 é tranquila. O problema está na utilização da porta serial em que se conecta a placa Arduino. Tivemos que realizar um processo para ativar o reconhecimento da placa, modificando processos de inicialização do Windows 8/8.1, pois o sistema operacional não reconhecia o driver instalado.

Para resolver esse problema, tivemos que executar o prompt de comando do Windows, cmd, em modo administrador, e digitando o seguinte comando: **shutdown /r /o**. Após reinício, na tela de **Soluções de Problemas**, escolhemos, **Opções avançadas**, e depois, **Configurações de Inicialização**, e, por fim, digitamos 7, **Desabilitar imposição de Assinatura de Driver**, ou a opção numérica correspondente ao item anterior.

Realizamos, novamente, a instalação do Arduino e depois tivemos que utilizar o gerenciador de dispositivo e na aba “Portas Com” identificar em qual porta a placa estava sendo conectada. As vezes passávamos 5 a 15 minutos, tentando encontrar em qual porta estava conectado a placa Arduino.

Já no outro computador com sistema *Linux* Debian/Ubuntu, o único problema que tivemos, foi que o computador pedia privilégios de administrador, na utilização das portas seriais. Resolvemos o problema, dando privilégios administrativos a porta usando os comandos da Figura 5.1:

---

18 A IDE, do inglês *Integrated Development Environment*, é um ambiente de desenvolvimento integrado, o qual é composto de *software* de programação, compilação, depuração, em um único programa.

19 <https://www.arduino.cc/en/software>

Figura 5.1: Resolvendo o problema da porta Serial ACM0 sem privilégios administrativos.

```
marcelo@Marcelo-STI-FX6300:~$ sudo chmod a+rw /dev/ttyACM0
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Caso a porta de utilização da placa fosse USB, utilizamos o comando da Figura 5.2:

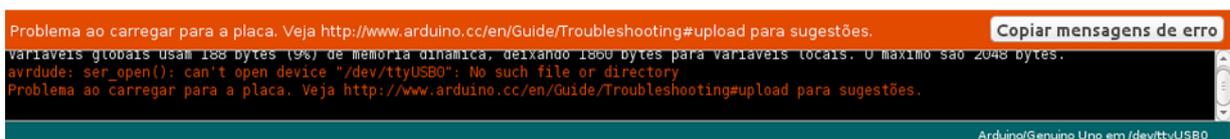
Figura 5.2: Resolvendo o problema da porta Serial USB0 sem privilégios administrativos.

```
marcelo@Marcelo-STI-FX6300:~$ sudo chmod a+rw /dev/ttyUSB0
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Poderia ocorrer da porta USB a ser utilizada fosse a USB1, mas trocaríamos no comando acima o USB0 por USB1. Mas a porta sempre é identificada no IDE, onde se disponibiliza as ações que estão sendo executadas pelo IDE, na parte inferior do Programa, como se pode observar na Figura 5.3.

Figura 5.3: Tela de *display* de ações da IDE Arduino



Fonte: Arquivo Pessoal.

Esses foram os problemas que encontramos no executar do IDE Arduino no decorrer do projeto. Quanto a utilização de Sistema Operacionais diferentes, para os participantes, foi bem tranquila, pois só utilizaram o IDE Arduino, que é o mesmo *software* para ambos os sistemas.

### 5.3 DOS CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS/DESENVOLVIDOS NAS AULAS

#### 5.3.1 – Conhecimentos Físicos

##### 5.3.1.1 – Lei de Ohm<sup>20</sup>

Para desenvolver as aulas de Robótica Educacional, foi necessário o uso de peças mecânicas, componentes eletrônicos e Programação. Os componentes eletrônicos, além de sua função Física, eram usados como meio de aprendizagem matemática, de forma natural ao ramo da eletrônica.

Um dos primeiros componentes que utilizamos foi o resistor. O resistor é um componente elétrico/eletrônico, que é capaz de impor a corrente elétrica, uma resistência à passagem dos elétrons. Com isso ele consegue transformar a energia elétrica em energia térmica, por intermédio do efeito Joule. A lei de Ohm, relaciona a resistência,  $R$  que um determinado material a temperatura constante, consegue impor a passagem de uma corrente  $i$ , quando o mesmo material é submetido a uma diferença de potencial  $U$ , conforme a relação,

$$U = R \cdot i \quad (3)$$

Esses conceitos desenvolvidos por Ohm, encontram-se explicados em seu livro *O circuito galvânico examinado matematicamente*, publicado em 1827, onde ele aborda uma detalhada explicação sobre a teoria da eletricidade.

A lei de Ohm em nossa pesquisa, foi utilizada para realizar o cálculo da quantidade de corrente a ser enviada a um *LED*, para seu correto funcionamento e na construção do controlador do motor com transistores. Dependendo da quantidade de corrente que é aplicado na base do transistor, o motor possuirá determinada velocidade de rotação.

---

<sup>20</sup> A Lei de **Ohm**, assim designada em homenagem ao seu formulador — o físico alemão Georg Simon **Ohm** (1789-1854) — afirma que, para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica é constante. Essa constante é denominada de resistência elétrica.

### 5.3.1.2 – Lei de Pouillet<sup>21</sup> - Circuito Simples

Em conjunto com a Lei de Ohm, utilizamos a Lei de Pouillet, para a obtenção de resistência do resistor. Como precisávamos de um sistema de iluminação para o robô seguidor de linha, era necessário um circuito que pudesse conectar um *LED*<sup>22</sup> que funcione a 2 Volts (V) a uma fonte de voltagem, maior que 2 Volts (V). Dentro da Física, aparelhos que são capazes de fornecer eletricidade, são chamados de *Geradores*. Já os aparelhos que consomem eletricidade são chamados de *Receptores*. Tanto geradores quanto receptores, possuem uma resistência interna, devido a enrolamento de bobina (Geradores Mecânicos), ou de materiais que são construídos.

Em nosso estudo trabalhamos com a ideia de *Geradores* ideais, cuja resistência interna é praticamente nula. A Lei de Pouillet para um circuito Gerador – Receptor simples, é dada por:

$$i = \frac{E - E'}{r + r'} \quad (4)$$

Onde:

$i$ , é a corrente que se deseja ou se tem no circuito;

$E$ , é a Força Eletromotriz, no nosso caso a voltagem de fonte;

$E'$ , é a Força contra eletromotriz, em nosso caso seria a voltagem, do *LED*;

$r$ , é a resistência interna do Gerador (Fonte);

$r'$ , é a resistência interna do Receptor.

Suponhamos que queiramos ligar um *LED* que funcione a uma tensão 2 V (voltagem) com uma corrente de 20 mA, em uma fonte de tensão contínua de 5 V, como fazer? Então, para ligar o *LED* em 5 V, teremos que reduzir de 5 V para 2 V, ou seja, reduzir 3 V.

Sendo  $E' = V_{led} = 2V$   $i_{led} = 20mA$  e  $E = 5V$ , pela fórmula, abaixo, conseguiremos ligar o *LED* de forma correta. Em nossa pesquisa, trabalhamos com a ideia de *Geradores* ideais, aqueles que a resistência interna é nula. Como os *Receptores* utilizados na pesquisa eram de baixa potência, a resistência interna do *Gerador* e a resistência interna do *Receptor*, bem como sua Potência Dissipada internamente, seria quase nula.

21 POUILLET, Claude (1790-1868), físico e político francês, aperfeiçoou inúmeros aparelhos usados na Física, como a bússola, por exemplo. Estabeleceu, experimentalmente, a lei para determinar a intensidade de corrente em um circuito onde não existem ligações em paralelo.

22 *LED*: As informações de funcionamento correto e fabricação de um *LED*, pode ser obtido no site do fabricante ou na *Internet*.

$$i = \frac{E - E'}{r + r' + R} \quad (5)$$

Como trabalhamos com o *Gerador Ideal*, então  $r = 0$ .  $R$  é o resistor ligando em série entre o *Gerador* e o *Receptor*. Portanto,

$$i = \frac{E - E'}{R} \quad (6)$$

$$R = \frac{E - E'}{i} \quad (7)$$

Logo para nosso exemplo, temos,  $E = 5 \text{ V}$  (Voltagem da Fonte),  $E' = 2 \text{ V}$  (Voltagem de funcionamento do *LED*) e  $i = 20 \text{ mA}$  (Corrente de funcionamento adequado do *LED*), então:

$$R = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} \Rightarrow R = \frac{3}{20 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R = \frac{3 \cdot 10^3}{20} = \frac{3000}{20} \Rightarrow R = 150 \Omega \quad (8)$$

Portanto o resistor a ser conectado em Série no circuito Gerador – Receptor, que tem como força eletromotriz  $5 \text{ V}$  e força contra eletromotriz  $2 \text{ V}$ , onde se deseja ter uma corrente de circulação  $i = 20 \text{ mA}$ , é um resistor cuja resistência é  $R = 150 \text{ Ohms}$ .

Uma vez descoberto o valor da resistência, o próximo passo é descobrir qual resistor tem essa resistência. Para isso devemos entrar em outro conteúdo, que veremos a seguir.

### 5.3.1.3 – Resistores de Cores

Uma aplicação matemática dos resistores, além do cálculo do valor de sua resistência, consiste em transformar um valor numérico da resistência em um código de cores, que é utilizado nos tipos de resistores utilizados nos *kits* de robótica.

Existem vários tipos de resistores, dependendo apenas da sua aplicação. Para trabalhos educacionais, o mais aconselhável é o resistor de cores, por ser mais simples seu manuseio na montagem com a *protoboard*. Já os resistores *SMDs*, são pequenos e dependem de soldagem para a utilização.

Os resistores de cores, como o nome sugere, possuem seu valor calculado a partir de faixas coloridas que possui. O resistor abaixo, é um exemplo de resistor de cores de 4 faixas.

Figura 5.4: Exemplo de resistores de cores



Fonte: Brasil Escola (2021).

Seu valor é calculado da seguinte maneira:

- A primeira faixa, retorna o primeiro dígito, a;
- A segunda faixa, o segundo dígito, b;
- A terceira faixa, é o expoente da potência multiplicadora de base 10, c.
- A quarta faixa é a tolerância do resistor, para mais ou para menos,  $\pm d\%$ .

Se considerarmos que esse resistor possui uma resistência R, onde o valor do dígito da primeira faixa é a, da segunda faixa é b, e da terceira faixa é c, teremos a seguinte fórmula para o cálculo de sua resistência:

Figura 5.5: Fórmula para obtenção da resistência de resistores de 4 faixas.

$$R = ab \cdot 10^c \pm d\%$$

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Mas como obter o valor numérico de cada faixa? Para isso, utiliza-se de uma tabela de cores, como mostrado no Quadro 7:

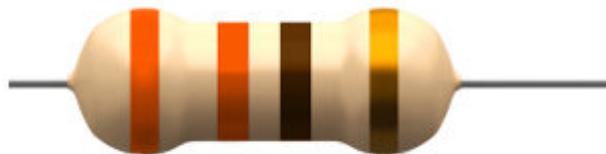
Quadro 7: Quadro de cores de resistores.

Cor:	1ª Faixa:	2ª Faixa:	3ª Faixa:	Multiplicador:	Tolerância:
Preto	0	0	0	1 $\Omega$	-
Marron	1	1	1	x10 $\Omega$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	x100 $\Omega$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	x1k $\Omega$	-
Amarelo	4	4	4	x100 $\Omega$	-
Verde	5	5	5	x100k $\Omega$	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	x1M $\Omega$	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	x10M $\Omega$	$\pm 0,1\%$
Cinza	8	8	8	-	$\pm 0,05\%$
Branco	9	9	9	-	-
Dourado	-	-	-	x0,1 $\Omega$	$\pm 5\%$
Prateado	-	-	-	x0,01 $\Omega$	$\pm 10\%$

Fonte: Squids (2017).

Por exemplo, um resistor como o da Figura 5.6, possui resistência no valor aproximado de?

Figura 5.6: Exemplo de resistores de cores



Fonte: Brasil Escola (2021).

Pela tabela de cores, da esquerda para a direita, a primeira faixa tem a cor laranja, a segunda laranja, a terceira marrom e a quarta dourada. Então os valores de a, b, c e d, são:

$$a = 3$$

$$b = 3$$

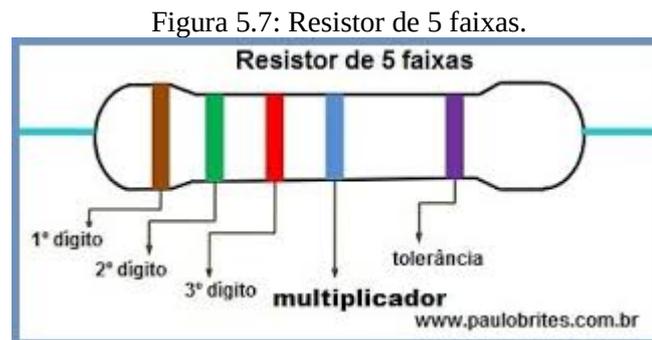
$$c = 1$$

e sendo d a tolerância em %,  $d = \pm 5\%$  de R.

$$\text{Logo } R = ab \cdot 10^c \Rightarrow R = 33 \cdot 10^1 \Rightarrow R = 33 \cdot 10 = 330 \text{ Ohms} \pm 5\%$$

Retornando ao exemplo do *LED*, para que ocorresse a ligação correta dele, teríamos que utilizar um resistor de:  $R = \frac{5-2}{20 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R = \frac{3}{0,02} \Rightarrow R = \frac{300}{2} = 150 \text{ Ohms}$  (9). Utilizando a tabela de cores, teríamos um resistor de quatro cores, onde a primeira cor seria marrom, a segunda preto e a terceira cor preto e a quarta poderia ser dourada, já que a quarta faixa só nos fornece a tolerância. E com um multímetro, os participantes confirmariam o valor correto da resistência.

Em alguns casos, como no *kit* Arduino que adquirimos, pode ocorrer resistores de 5 faixas, como podemos observar na Figura 5.7.



Fonte: Eletrônica (2016).

Mas a ideia para obtenção do valor da resistência do resistor é a mesma:

- 1ª faixa, o primeiro dígito, a;
- 2ª faixa, o segundo dígito, b;
- 3ª faixa, o terceiro dígito, c;
- 4ª faixa, o expoente da potência multiplicadora de base 10, d;
- 5ª faixa, a tolerância em porcentagem da resistência, e.

Para esse tipo de resistor, a fórmula de cálculo da resistência, ocorre uma pequena modificação em relação à anterior, como observa-se na Figura 5.8.

Figura 5.8: Fórmula para obtenção da resistência de um resistor de 5 faixas.

$$R = abc \cdot 10^d \pm e \%$$

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Matematicamente, trabalha-se aqui com funções do tipo exponencial como domínio restrito ao conjunto dos números inteiros positivos. As três primeiras cores, nos retornarão um número de três dígitos que será multiplicada por uma potência de base 10. Essa potência será calculada, conforme o número que a quarta cor, do resistor, nos retornará. E a última cor, nos retorna a tolerância.

Ao final do cálculo, o resistor terá uma resistência dada pela seguinte fórmula:

$$R = (abc \cdot 10^d) \cdot (1 \pm e/100) \quad \text{ou} \quad R = (abc \cdot 10^d) \cdot \frac{(100 \pm e)}{100} \quad (10)$$

Como  $e$  nos retorna a tolerância, que é a taxa que o resistor pode variar, logo a resistência para esse resistor estará no intervalo:

$$(abc \cdot 10^d) \cdot \frac{(100 - e)}{100} \leq R \leq (abc \cdot 10^d) \cdot \frac{(100 + e)}{100} \quad (11)$$

Com o resistor, trabalha-se matematicamente, com a construção de números, funções exponenciais, funções do tipo exponencial, bem como aumento e desconto, na taxa de variação dele.

A equação obtida na Figura 5.5, também pode ser utilizada para a obtenção de resistências para resistores *SMD*<sup>23</sup>.

#### 5.3.1.4 – Ondas: Velocidade de propagação e propriedades.

“Denomina-se onda uma perturbação que se propaga num meio” (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2015, p. 408), que “Quanto à sua natureza, as ondas se classificam em mecânicas e eletromagnéticas.” (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2015, p. 409). “As ondas mecânicas não se propagam no vácuo [...] As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos meios materiais.” (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2015, p. 409 e 410).

23 SMD – Surface Mounted Device, que em tradução livre, Dispositivo de Montagem em Superfície.

Em nosso trabalho utilizamos do sensor Ultrassônico, que produz e detecta determinada onda ultrassônica, através do fenômeno de reflexão que a onda sofre, ao encontrar algum objeto à frente do sensor. E com isso e utilizando da ideia de velocidade média, encontra-se a velocidade do som no ar, para diversas aplicações, como poderá ser visto na seção 5.4.3 – Desenvolvendo Robô para cálculo da velocidade do som, determinação de distância e Sensor de Ré/Presença por intermédio de ondas Ultrassônicas.

### 5.3.2 – Conhecimentos Matemáticos

#### 5.3.2.1 – Ideia de Função, seus Tipos e gráficos

A ideia de trabalhar funções utilizando o Arduino, talvez possa não ser algo tão formal, pois o Arduino não consegue trabalhar com todos os valores numéricos do conjunto dos números reais. Mas haja visto que o Arduino UNO, modelo com o qual trabalhamos, consegue ler/escrever em sua porta analógica 1024 valores diferentes (número de 0 a 1023) e em sua porta digital, sendo utilizada como porta *PWM*, 256 valores diferentes (números de 0 a 255), podemos criar uma função matemática, restringindo o seu domínio e contradomínio entre os valores específicos mencionados.

Quanto ao trabalho de função de 1º Grau com resistência, é sabido que não é possível obter resistores padrões para todas as resistências necessárias. Para isso, realizamos associações em série, em paralelo ou até mesmo associações mista de resistores. Aqui, especificamente no item 5.3.2.1-b – Função de 1º Grau: Função Afim com domínio números Naturais, trabalhamos com a ideia de que a partir de um valor fixo de Voltagem ( $FCEM$ ) e corrente de funcionamento de determinado *Receptor*, podemos criar uma relação matemática, que nos permite correlacionar a voltagem ( $FEM$ ) a ser utilizado com a resistência necessária para seu funcionamento, como poderemos verificar na Figura 5.9. Atente-se ao fato que essa relação tendo seu domínio restringido em valores de  $x > E'(FCEM)^{24}$ , podemos ter uma relação Matemática que se torna especificamente, uma função do tipo de 1º grau.

---

24  $E' = V_{LED}$ , Força Contra eletromotriz: Voltagem de funcionamento do aparelho Receptor.

### 5.3.2.1-a – Função do Tipo Exponencial com Domínio Natural

A função (10), é uma função exponencial com domínio restrito ao conjunto dos números naturais. Essa função exponencial em conjunto com os três primeiros dígitos, formará uma função chamada do tipo exponencial. Uma função do tipo exponencial, é uma função de formato  $f(x) = a \cdot b^x$ , onde se têm um número multiplicando uma função exponencial. A função do tipo exponencial formada pelas faixas do resistor, terá o seguinte formato:

$$R = abc \cdot 10^d \quad (14)$$

Função do tipo exponencial formada pelas quatro primeiras faixas.

Na equação 14, trabalha-se a função do tipo exponencial com o domínio restrito, já que esses valores são números naturais. A quinta faixa, por ser a tolerância do resistor, trabalha-se com aumento e desconto, bem como os intervalos numéricos e cálculo de porcentagens.

Logo o estudante ao calcular o resistor, estará muito mais que obtendo o valor de sua resistência. Ele fará uso de conhecimentos matemáticos de uma forma, que talvez dentro da sala de aula normal, ele não conseguiria produzir.

### 5.3.2.1-b – Função de 1º Grau: Função Afim com domínio números Naturais

#### 5.3.2.1-b-1 – Função de 1º grau a partir da Lei de Pouillet e Lei de Ohm

Dentro da robótica, o resistor é um componente fundamental, seja para conectar um *LED*, ou para se trabalhar digitalmente em uma porta lógica, para evitar resultados falsos positivos, bem como na leitura/escrita em uma porta analógica.

Com o uso dos resistores, como contêdores de corrente elétrica, o ato de frear a velocidade com que os elétrons se movimentam pelo fio, diante a voltagem aplicada no circuito, passa-se a utilização de gráficos de funções de 1º grau do tipo  $f(x) = a \cdot x + b$  (15).

Para se montar o circuito *LED*, temos como variáveis fixas, a voltagem e a corrente elétrica de funcionamento do *LED*. O que não temos fixos, para a montagem do circuito, são as voltagens das baterias ou fontes de corrente contínua, e o valor do resistor a se utilizar.

Tendo fixo a voltagem( $f_{cem}$ )<sup>25</sup> e corrente de funcionamento do *LED*, respectivamente,

$$E' = V_{led} \quad (16) \text{ e } i_{led}, \text{ temos a função para cálculo do resistor, } R = \frac{V - V_{led}}{i_{led}} \quad (17), \text{ que}$$

mostramos anteriormente, obtida a partir da Lei de OHM e Lei de Pouillet. Como  $R$  e  $V$  são variáveis não fixas, com  $R$  dependente do valor de  $V$ , temos que:

$$R(V) = \frac{V}{i_{led}} - \frac{V_{led}}{i_{led}} \quad (18) \text{ e por } V_{led} \text{ e } i_{led} \text{ serem valores numéricos conhecidos,}$$

então tomando duas variáveis  $m$  e  $q$ , tal que  $m = \frac{1}{i_{led}}$  (19) e  $q = -\frac{V_{led}}{i_{led}}$  (20). Essas

variáveis,  $m$  e  $q$ , são valores numéricos conhecidos, já que conhecemos  $V_{led}$  e  $i_{led}$ .

Substituindo  $m = \frac{1}{i_{led}}$  (21) e  $q = -\frac{V_{led}}{i_{led}}$  (22) em  $R(V) = \frac{V}{i_{led}} - \frac{V_{led}}{i_{led}}$  (23), obtemos

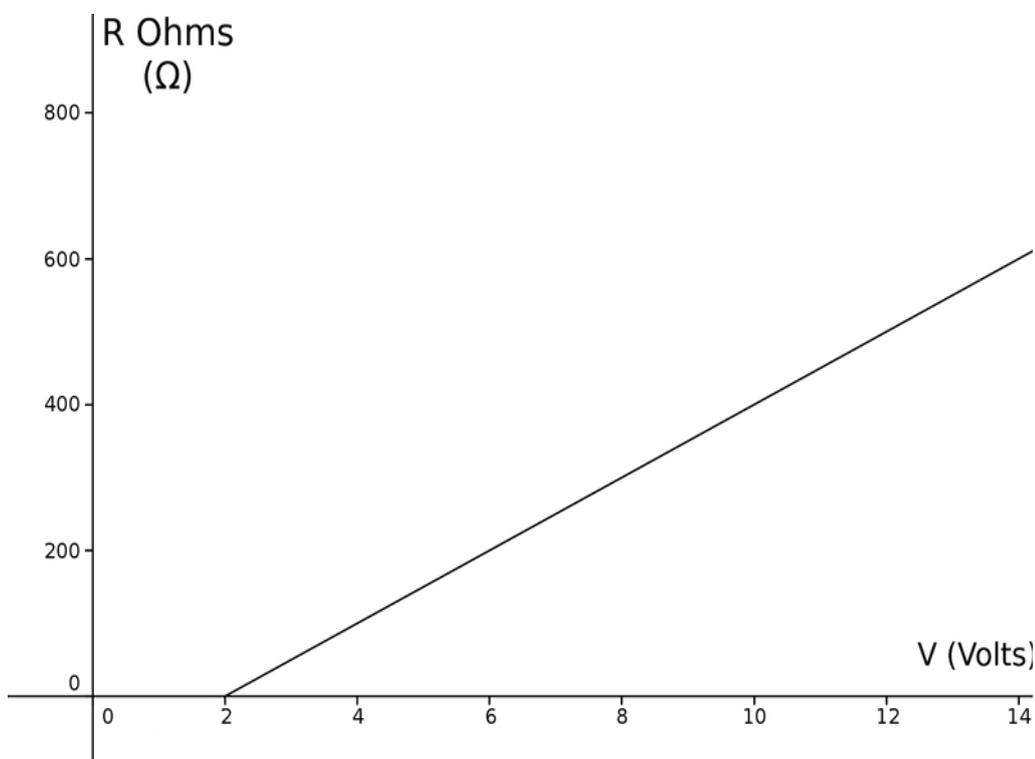
$R(V) = m \cdot V + q$  (24), ou seja, uma função do tipo  $f(x) = a \cdot x + b$  (25) uma função de 1º grau.

A partir disso podemos plotar um gráfico manual ou usando um *software* para tal, para que se possa analisar o valor do resistor a se utilizar, conhecendo-se a voltagem que se quer utilizar.

---

25 Fcem - Força Contra eletromotriz.

Figura 5.9: Exemplo de função de 1º grau relacionando voltagem e valor de resistência.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

O gráfico da Figura 5.9 nos retorna o valor da resistência para o resistor a ser utilizado na ligação do *LED*, que funciona a 2 V e 20 mA. Dependendo da voltagem a se utilizar, nosso gráfico apresenta o valor da resistência para o resistor a ser utilizado. Atente-se ao fato de que a taxa de variação ( $m$ ) da função acima, é o valor do inverso multiplicativo da corrente elétrica de funcionamento da lâmpada *LED*,  $m = \frac{1}{i_{led}}$  (26), que definimos na função acima, mostrada anteriormente.

O gráfico da Figura 5.9, é um gráfico ideal. Na prática, por padrão de resistores, não temos resistores para todos os valores que se necessite. Por outro lado, esse gráfico nos remete aos valores exatos que deveríamos utilizar, caso exista/existisse, para o valor do resistor com tal resistência necessária.

### 5.3.2.1-b-2 – Função: tratamento computacional com Arduino

Além de trabalhar com a ideia de função a nível matemático e físico, também fizemos o trabalho de funções a nível computacional. Em computação, segundo Casavella (2019), função é,

Nada mais é do que uma sub-rotina usada em um programa. Na linguagem C, denominamos função a um conjunto de comandos que realiza uma tarefa específica em um módulo dependente de código. A função é referenciada pelo programa principal através do nome atribuído a ela. A utilização de funções visa modularizar um programa, o que é muito comum em programação estruturada. Desta forma podemos dividir um programa em várias partes, no qual cada função realiza uma tarefa bem definida. (CASAVELLA, 2019).

Ou seja, uma função computacional realiza cálculos e rotinas específicas, com os valores que são fornecidos a ela, e esse retorno é enviado para outra utilização no programa.

Analogamente, na matemática ocorre algo parecido. Temos um conjunto com valores que denominamos Domínio da função, que a partir de uma Lei de formação de função, são processados matematicamente, resultando em valores, que encontramos em um outro conjunto numérico, que denominamos contradomínio. Já as funções computacionais, fazem algo mais que cálculos com números, como por exemplo, “realizar cálculos” com caracteres.

Com o Arduino, em nosso projeto trabalhamos com funções matemáticas aplicadas em funções computacionais, na elaboração do robô seguidor de linha e na construção do robô trena com sensor ultrassônico.

A ideia é simples: utilizamos um sensor, para obter valores no mundo real, tratamos esses valores computacionalmente com o Arduino, e retornamos esses valores ao mundo real, através de um atuador, que no nosso caso foram os motores do robô seguidor de linha e, *Display* e *Beep* sonoro, no caso do robô trena com sensor ultrassônico. A Figura 5.10, mostra o diagrama de como é feito o processo.

Figura 5.10: Aplicação de Função nos robôs pelo Arduino.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Como utilizamos o Arduino Uno, ele poderá ler 1024 valores diferentes no mundo real, numérica de 0 a 1023, tratar matematicamente com uma função específica escolhida pelo usuário, e devolvida ao mundo real, através de uma ação, que poderia ser um *Beep* sonoro, um *display*, ou movimento dos motores de um robô.

E essa função específica é uma função que pode ser polinomial, de 1º grau, 2º grau, 3º grau etc., até mesmo uma função trigonométrica que tenha como imagem, valores numéricos de 0 e 1023. É permitido também, caso a função não atenda valores de imagem, de 0 a 1023, realizar compostagem de funções. Ou seja, tratar através de novas funções, valores pré-tratados por alguma função, desde que o domínio de leitura e escrita no mundo real, seja valores de 0 a 1023, no caso de portas analógicas, ou de 0 a 255 no caso de portas digitais utilizadas como *PWM*. Podemos até mesclar, utilizando a porta digital como domínio e a analógica com saída.

### 5.3.2.2 – Conversão de Unidades de Medidas para o Sistema Internacional de Medidas

Conversão de unidades de medidas e até mesmo a abreviação de números, são coisas comuns do cotidiano. Podemos realizar essas conversões a partir de divisões e multiplicações, e até mesmo realização de cálculo de multiplicação e divisão, com expoentes de mesma base.

A Figura 5.11 nos mostra alguns prefixos Matemáticos que nos auxiliaram na conversão das unidades de medidas.

Figura 5.11: Alguns prefixos matemáticos.

$$\begin{aligned} \rho &= 10^{-12} \\ \eta &= 10^{-9} \\ \mu &= 10^{-6} \\ m &= 10^{-3} (\text{mili}) \\ c &= 10^{-2} (\text{centi}) \\ k &= 10^3 (\text{kilo}) \\ M &= 10^6 (\text{Mega}) \\ G &= 10^9 (\text{Giga}) \\ T &= 10^{12} (\text{Tera}) \end{aligned}$$

Fonte: Arquivo Pessoal.

Os dados da Figura 5.11, estavam no material impresso entregue aos estudantes. Poderíamos fazer isso somente usando multiplicação e divisão por potências de dez simples. Mas como um dos objetivos do projeto, também, era a utilização dos prefixos matemáticos, então por meio de operações com potências de mesma base, e assim, realizou-se a conversão entre diferentes escalas de medidas. Durante as aulas, um grupo disse que era só multiplicar por 10000. O outro grupo tentou utilizá-lo, mas por fatos desconhecidos, não conseguiu obter o valor por esse meio. Então o grupo experimentou criar variáveis, antes do cálculo da velocidade, com as respectivas unidades necessárias.

Geralmente, os valores de tempo retornado pelo percurso de uma distância menor que 4 m, por uma onda ultrassônica é dada na escala de tempo  $\mu\text{s}$ . E para que esse tempo seja representado na forma do Sistema Internacional de Medidas, é necessário convertê-lo para segundos (s).

Mas por que não dividir o tempo em  $\mu\text{s}$  (microsegundos) por 1 000 000 para transformá-lo em segundos?

Como o tempo fornecido pelo sensor ultrassônico ao Arduino, é considerado levando em conta a ida e volta da onda de 40 KHz, ou seja, esse tempo na realidade está dobrado em relação ao real tempo de percurso. Então os participantes do grupo, Luz e Geanelli, sugeriram dividir o tempo, em  $\mu\text{s}$  (microsegundos), por 1 000 000 e depois dividir por 2. Depois, perceberam que poderiam apenas multiplicar o tempo por  $0.0000005^{26}$ , que era o resultado da

<sup>26</sup> O Arduino por ser baseado em C/C++, leva em conta a forma decimal “americana”, onde o ponto separa a parte inteira da parte “quebrada”.

operação 1 sobre 2 000 000, para realizar tal conversão. A Figura 5.46, mostram o código para o cálculo da velocidade do som e como a dupla Luz e Geanelli, resolveram o problema da conversão de unidades de medidas.

#### 5.4 AULAS APLICADAS

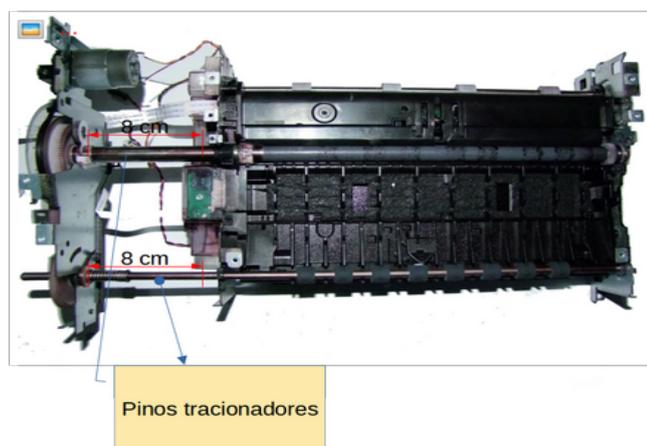
As aulas foram aplicadas em um total de 8 encontros, alguns realizados às segundas, outros realizados às quartas e até aos sábados.

##### 5.4.1 Montagem do Robô seguidor de linha

A montagem do robô seguidor de linha, necessitou que este projeto fosse desmembrado em aulas, pois o robô possuía vários sistemas diferentes: sistema de Iluminação, sistema de captação luminosa, sistema de controle de motores por transistores, sistema de tração e sistema de alimentação.

O robô foi construído utilizando algumas peças de sucatas. Utilizou dois tracionadores de papel de impressoras jato de tinta HP, como mostra a Figura 5.12. Esse conjunto é responsável por puxar e controlar a movimentação de uma folha de papel, durante impressão em uma impressora “Jato de Tinta”.

Figura 5.12: Conjunto tracionador de papel HP.



Fonte: Mercado Livre (2019).

Como o conjunto possuía dois pinos tracionadores, eram muito grandes. Então

fizemos um corte de aproximadamente 8 cm a serem utilizados no robô. E como se tinha dois pinos tracionadores, para não ocorrer modificação, utilizamos deles, colocando duas rodas de cada lado, uma em cada pino, como mostra a Figura 5.15. A Figura 5.13, mostra o sistema de tração, após os cortes dos pinos.

Figura 5.13: Conjunto tracionador após corte.



Fonte: Arquivo Pessoal.

As borrachas que faziam parte do conjunto tracionador das impressoras, foram reaproveitadas e utilizadas nos pinos, para ajudar na fixação dos “Pneus”. Os “pneus” do robô seguidor de linha, também foram construídos com sucata, ideia do Professor Daniel Guimarães<sup>27</sup> – UFCat, durante as aulas da disciplina de Matemática e Atualidades. Os “pneus”/rodas foram construídos de borracha de chinelos, usando-se de uma furadeira e uma broca do tipo serra copo<sup>28</sup> de 55 mm (5,5 cm) de diâmetro.

O corte da serra copo dava o formato redondo do pneu e o furo, da broca central, nos dava o encaixe do eixo da roda.

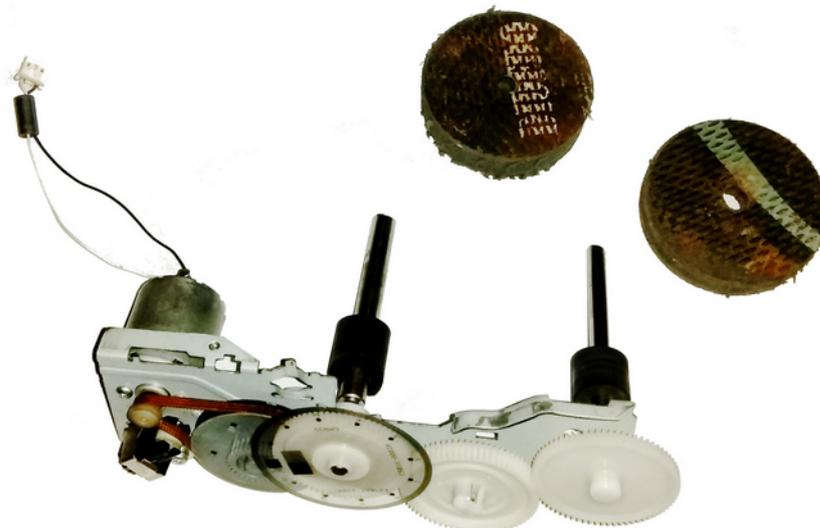
Para a montagem do projeto robô seguidor de linha, necessitava-se de dois conjuntos tracionadores, e de quatro “pneus” feitos de borracha de chinelo. Abaixo temos como foi montado cada conjunto tracionador do robô.

---

27 Daniel da Silveira Guimarães – Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/3520357439188664>

28 Tipo de broca para fazer cortes circulares.

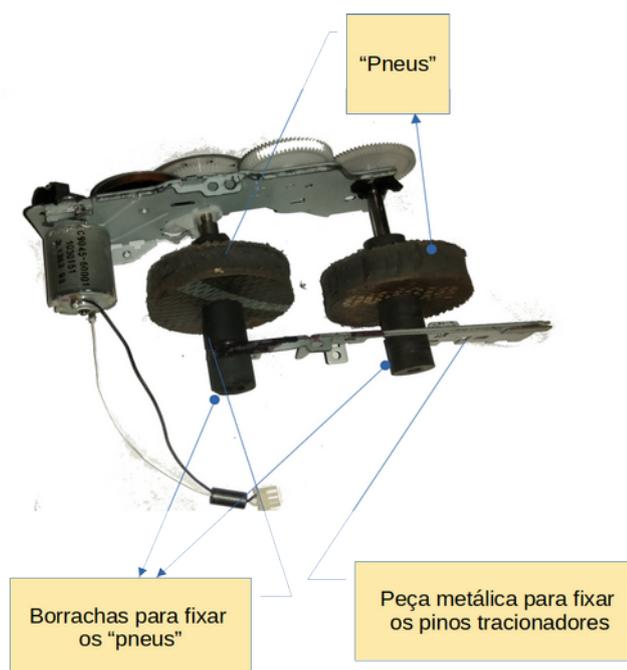
Figura 5.14: Conjunto tracionador e "Pneus" do robô.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Para fixar os pinos tracionadores no lugar, usamos a peça metálica de encaixe que estava do outro lado do conjunto tracionador na impressora.

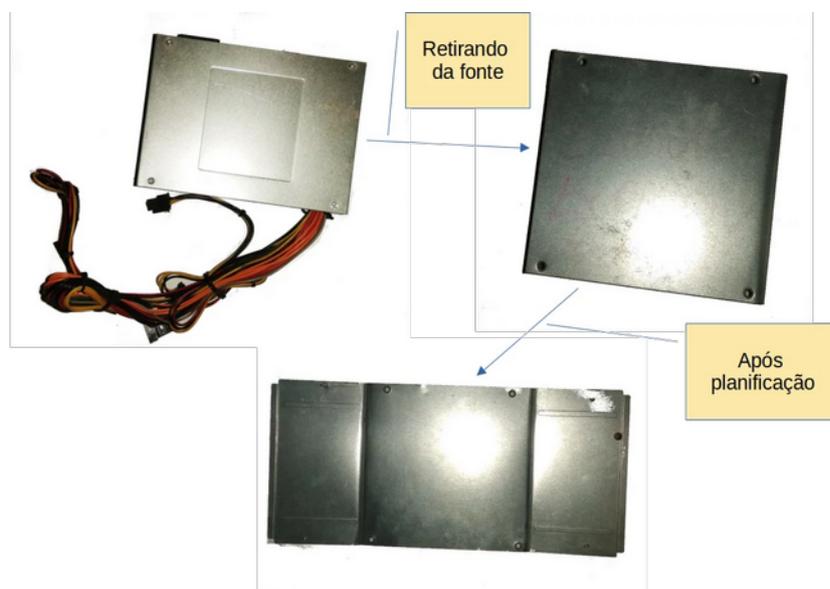
Figura 5.15: Conjunto tracionador com "pneus" montados e mecanismo para manter os pinos fixos.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Para melhor disposição poderia ter cortado o resto não utilizado da peça metálica de fixação. Para a fixação dos conjuntos tracionadores, utilizamos uma tampa de fonte de computador. Retiramos a tampa de uma fonte de computador e planamos a peça metálica. Depois realizamos furos, para a fixação dos conjuntos tracionadores, um de cada lado, para que a base suporte, o “monobloco” do robô seguidor de linha, fosse montada.

Figura 5.16: Tampa da fonte de computador pessoal planificada.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Para o controle de direção do robô, foi utilizado como volante, rodinha de rodízio para móveis.

Figura 5.17: Controle de volante do Robô seguidor de linha.



Fonte: Amazon (2020).

Após furação para fixação da rodinha e dos tracionadores, o robô seguidor de linha

ficou com a seguinte forma.

Figura 5.18: Robô seguidor de linha sem controladores.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Figura 5.18 mostra como foi a montagem dos conjuntos tracionadores e volante de controle. Só que a esse ponto, o robô não era capaz de movimentar seguindo uma linha qualquer no chão.

As tampas de fontes de *PC's*, possuem um formato quase que único. Algumas fontes têm menor comprimento e/ou largura. Muitas delas possuem tampas de mesmos tamanhos. Observou-se, após o término da pesquisa, que se podia montar andaes no carrinho, para a instalação de equipamentos e/ou sensores, atuadores e/ou para o transporte de cargas.

#### 5.4.2 Montagem do circuito controlador do Robô seguidor de linha

Para o funcionamento do robô desenvolvido acima, necessitava-se de um circuito que controla o robô sobre uma linha, o qual ele devia seguir. Para isso dividimos a montagem desse circuito em 4 aulas.

Na primeira aula foi exposto aos estudantes participantes sobre o que almejamos fazer e como pretendemos fazer. Dos projetos apresentados a eles, preferiram montar o robô seguidor de linha, assim o fizemos.

#### 5.4.2.1 1ª Aula: Fabricação do circuito de iluminação do Robô seguidor de linha

O princípio de funcionamento do robô seguidor de linha, baseava-se em dois *LEDs* iluminadores, dois *LDRs*, circuito controlador e os motores atuadores no movimento do robô. O circuito foi montado de tal maneira que quando o *LDR* detectasse branco o circuito faria com que o motor relativo à posição daquele *LDR*, diminuísse de velocidade. Em compensação, o motor do lado oposto, corrigiria a posição do robô sobre a linha, fazendo com que, dessa maneira, o robô permaneça sempre sobre a linha, seguindo a mesma.

Durante essa aula, foi explicada sobre a lei de Ohm e Lei de Pouillet, como fazer com que um *LED* funcionasse corretamente sem que “queime”. Além da abordagem da Lei de OHM e de Pouillet, foi trabalhado também com componentes como transistor, resistor e utilização de *LED*, *LDR*, que seriam os componentes principais do robô seguidor de linha.

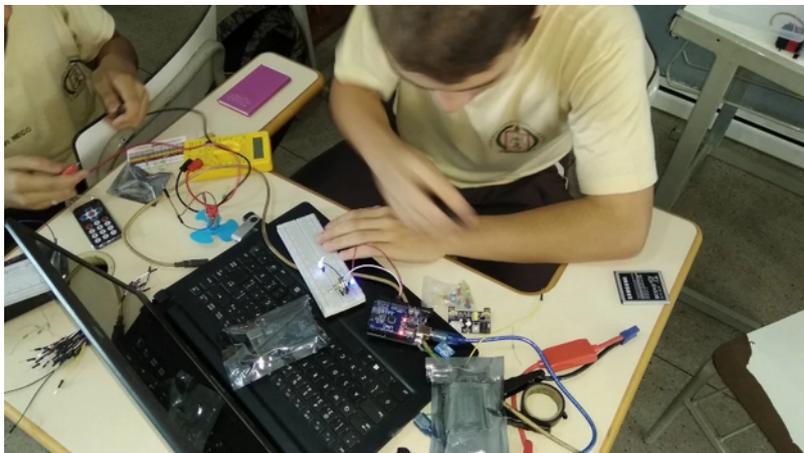
Em um primeiro momento foi abordado o funcionamento de componentes, como resistor e transistor. Utilizando a lei de Ohm e lei de Pouillet, cada grupo de aluno recebeu uma fonte de alimentação, *LEDs*, *Protoboard*, resistores e um cartão de cores para que pudessem obter o valor do resistor. Para evitar “cola” foi fornecido um carregador portátil<sup>29</sup> de 12 V e outro de 5 V.

O banco de carga de 5 V apresentou problemas e tivemos que alimentar com uma saída de 5 V de uma placa Arduino.

---

<sup>29</sup> Carregador portátil – São bancos de cargas portáteis para carga de objetos quando não se tem tomadas elétricas disponíveis.

Figura 5.19: Participante Geanelli montando circuito *LED*.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A atividade dessa aula era compreender a lei de Ohm e utilizar a Lei de Pouillet, para o cálculo da resistência necessária a se utilizar no circuito, para que o *LED* não queimasse e já preparar o circuito a ser utilizado na iluminação da linha do robô seguidor de linha. E paralelo ao trabalho com resistência, tínhamos a utilização dos conhecimentos abordados nas seções 5.3.1.3 – Resistores de Cores e 5.3.2 – Conhecimentos Matemáticos.

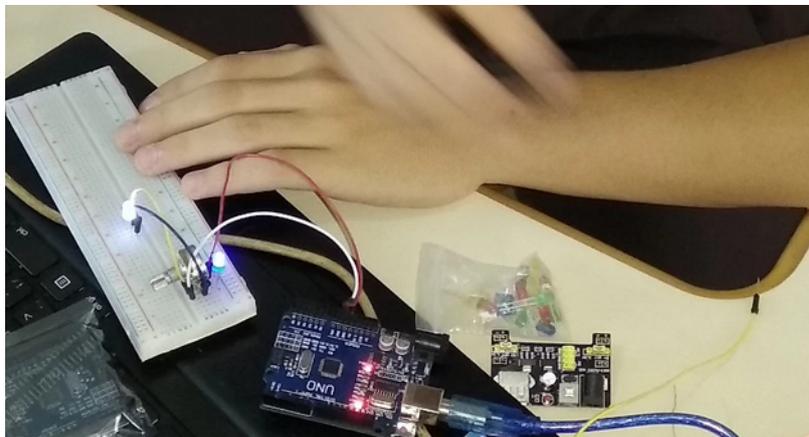
Segundo o participante Geanelli, a utilização dos equipamentos deixa a aula muito mais interessante. Quando indagado sobre a matemática no projeto montado, ele respondeu que para o cálculo da resistência para ligar o *LED*, seria necessário utilizar a Lei de Ohm.

Após montado o projeto de resistor e *LED*, foi feita a sugestão para que trocassem o resistor de valor fixo, por um de resistência variável. Daí utilizaram o potenciômetro<sup>30</sup>. Na Figura 5.20 temos o circuito montado pelo participante Geanelli, que trocou o resistor fixo, por um resistor variável, a fim de ver “o que acontecia”.

---

<sup>30</sup> Resistor com pino que se pode fazer variar sua resistência.

Figura 5.20: Circuito *LED* montado pelo participante Geanelli.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Então eles perceberam que quando giravam o Potenciômetro, o *LED* poderia aumentar ou diminuir sua intensidade luminosa. Ficaram encantados como o potenciômetro, poderia deixar o *LED* mais ou menos brilhante.

Figura 5.21: Sombra e Geanelli calculando o valor da resistência necessária no potenciômetro através de um multímetro.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Essa aula de montagem de circuito *LED*, agrega conhecimento muito além do simples montar. Ela envolve Física, Engenharia, Matemática, Noções de Cidadania, trabalha a atenção

dos participantes e cooperação dos envolvidos.

Existe um termo para denominar o fenômeno que agrupamento deste tipo de disciplina em determinada atividade realizada, é o termo *STEAM: Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics*. O *STEAM*, que em livre tradução, Ciências, Tecnologias, Engenharias, Arte e Matemática, propõe que os participantes resolvam problemas propostos utilizando-se dessas cinco áreas.

O participante “Sombra” quando indagado sobre o que percebeu de matemática na montagem, segundo ele, percebeu que usaram equações, como no diálogo:

Professor: O que você percebeu de matemática no Projeto?

Sombra: Gráficos, equações.

Professor: E a Lei de Ohm?

Sombra:  $U = R.i$ .

Professor: O que você percebeu para que serve a Lei de Ohm?

Sombra: Para descobrir a resistência.

Professor: Mas, para que descobrir essa resistência?

Sombra: Para saber o quanto ligar.

Professor: Para que?

Sombra: Para não queimar o *LED*.

Professor: Tem diferença com a aula normal que a gente faz?

Sombra: Não sei, É diferente. Tem prática, não é só teoria igual na sala.<sup>31</sup>  
(TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DA 1ª AULA, DIA 20 de Novembro de 2019).

De acordo com o diálogo, observa-se que o estudante captou o conteúdo ministrado, que compreendeu uma aplicação da Lei de Ohm. Além disso, percebem o destaque para prática, a teoria ganhou sentido ao ser necessária em uma compreensão bem como solução de um problema.

Para garantir que os participantes estavam comprometidos com o conteúdo ministrado, foi aplicado um teste, sobre a Lei de Ohm, onde os participantes deveriam calcular a corrente, a resistência ou a tensão, de determinada situação.

No Currículo Referência de Ciências da Natureza do 9º Ano do Ensino Fundamental do Estado de Goiás, traz a eletricidade como conteúdo do 3º bimestre, dentro do eixo temático, Terra e Universo. De acordo com o currículo, são expectativas de aprendizagem,

Compreender as instalações elétricas de nossas casas como um grande circuito identificando os principais dispositivos elétricos utilizados.

Identificar o significado da potência de aparelhos elétricos em situações práticas envolvendo avaliação de consumo de energia elétrica.

Identificar materiais como bons e maus condutores e isolantes elétricos, na análise de situações práticas e experimentais, relacionando ao risco de choques elétricos no corpo humano e uso com segurança.

---

31 Transcrição de áudio gravado ao fim da 1ª aula.

Identificar a voltagem em aparelhos elétricos.  
Compreender a evolução do uso da eletricidade na produção de tecnologias.  
(GOIÁS, 2014, p. 352)

Em nosso projeto, através da montagem do circuito *LED*, mostramos como funciona um circuito elétrico, como se identifica uma voltagem de um aparelho, bateria, e os perigos existentes em se manusear grandes voltagens.

O objetivo da montagem do circuito *LED*, era montar o sistema de iluminação do carrinho seguidor de linha, mas, ao mesmo tempo, mostramos aos estudantes participantes, como se dá e ocorre a evolução tecnológica, com o uso da eletricidade, a partir de ideias simples que a robótica nos proporciona.

Nessa aula trabalhamos a Lei de Ohm, conteúdo da disciplina de Física e resolução de equações de primeiro grau e gráficos de funções lineares dentro da Matemática, bem como a conexão dos gráficos de funções lineares, com os gráficos de resistores ôhmicos.

#### 5.4.2.2 2ª Aula: Montagem do circuito *LED* e Circuito controlador do Motor.

Como na primeira aula compareceram apenas dois estudantes, a segunda aula, realizada em novembro de 2019, fizemos uma recapitulação do que foi apresentado na primeira aula, para que todos os participantes da pesquisa estivessem por dentro do assunto que estávamos trabalhando.

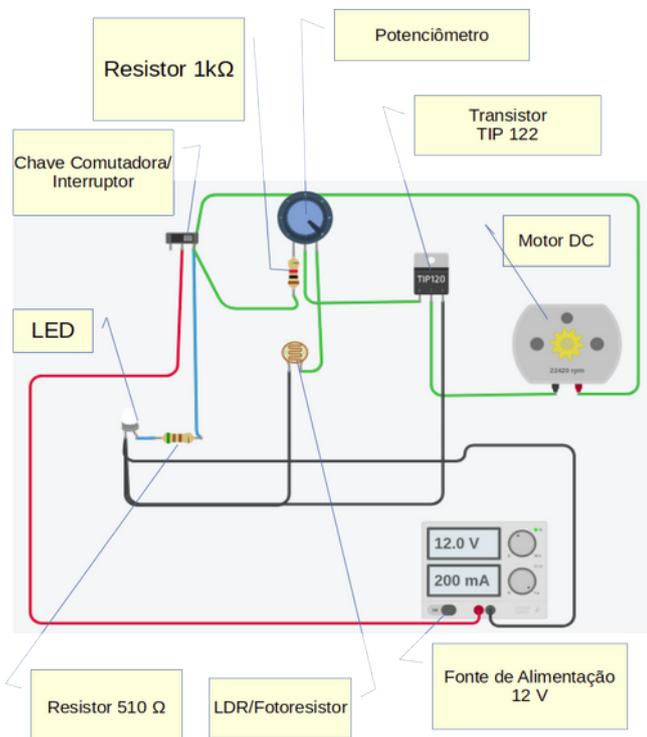
Do conteúdo da segunda aula, trabalhamos o componente eletrônico Transistor<sup>32</sup>. Foi trabalhado o funcionamento dos transistores, sobre os pinos E (*Emitter*), B (*Base*) e C (*Collector*). Também mostramos os tipos de transistores que tínhamos disponível no *kit*, PNP e NPN.

Para o controle dos motores, usamos o transistor TIP 122. Para que isso ocorresse, levamos junto ao transistor, o seu *datasheet* e explicamos que cada transistor possui uma pinagem diferente. Após a identificação de cada pino, montamos o circuito proposto, para a aula.

---

<sup>32</sup> Transistor: componente eletrônico produzido de materiais semicondutores para ser utilizado como interruptores eletrônicos, amplificadores etc.

Figura 5.22: Circuito controlador de Velocidade com *LED* e *LDR*.

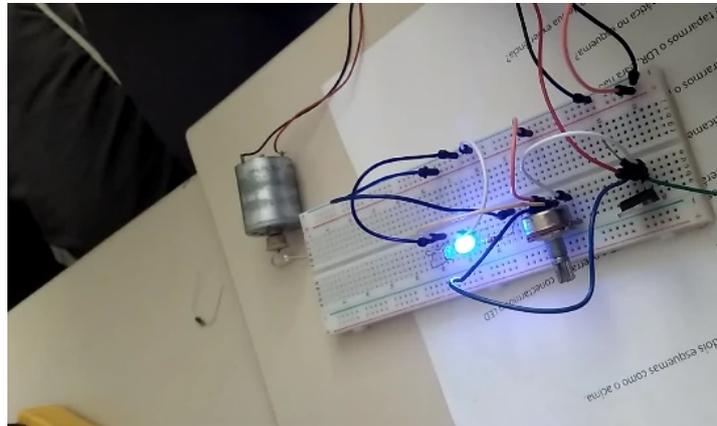


Fonte: Arquivo Pessoal. Feito com: Tinkercad (2019) e Modificado com LibreOffice Draw.

Na Figura 5.22 deveríamos utilizar no circuito, conectado ao catodo<sup>33</sup> do *LED*, um resistor de 500 Ohms. Como não há este resistor por padrão, utilizamos um resistor de 510 Ohms. Montamos um circuito onde controlamos a velocidade de um motor, através de um potenciômetro, que dependendo da quantidade de corrente que o *LDR* permitia passar, o motor poderia ficar mais rápido ou lento.

<sup>33</sup> Catodo de *LED*: O *LED*, por ser um diodo, permite a passagem da corrente por apenas um caminho. A “perna” mais longa do *LED* (+) é o ânodo e a “perna” mais curta (-) é o catodo.

Figura 5.23: Circuito controlador da velocidade do motor.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Nosso objetivo, além de mostrar o funcionamento do transistor, era fazer com que o participante entendesse como o robô seguidor de linha iria se locomover, bem como se podia controlar sua velocidade de locomoção.

Poderíamos ter trabalhado apenas, como controlar o motor, usando o transistor. Mas fomos além. Colocamos para montagem, além do circuito controlador, o circuito *LED*, que deveria ser montado na mesma *Protoboard*. Como estávamos trabalhando com 4 participantes, foram feitas duplas, onde cada dupla ficou responsável por montar um motor do robô seguidor de linha.

Com o Arduino, mostramos como poderíamos ligar e/ou desligar o motor, de acordo com o tempo que colocássemos no código do programa. Nesse momento, por meio de números no código do *software* controlador do motor, mostramos aos participantes, como podemos utilizar a Matemática, para realizar determinada ação que entendêssemos necessária.

Quando indagado, o que havia entendido da aula ministrada, o participante Harry Potterson, nos deu a seguinte resposta: “Eu entendi que a gente ligou, usou transistor, usou o Arduino também, a gente programou ele pra ligar um motor, durante certo tempo. Aí depois, pra deixar ele ligado por certo tempo e também deixar desligado por certo tempo.” (10.2.3 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:, 25 de novembro de 2019).

Quando questionado sobre o que havia enxergado no projeto sobre a Matemática, ele disse que não conseguiu enxergar a matemática por trás. Essa foi a primeira aula em que o participante compareceu. Talvez um dos motivos para que o participante não tenha conseguido observar a Matemática no projeto, pode ser o fato de estarem acostumados com a

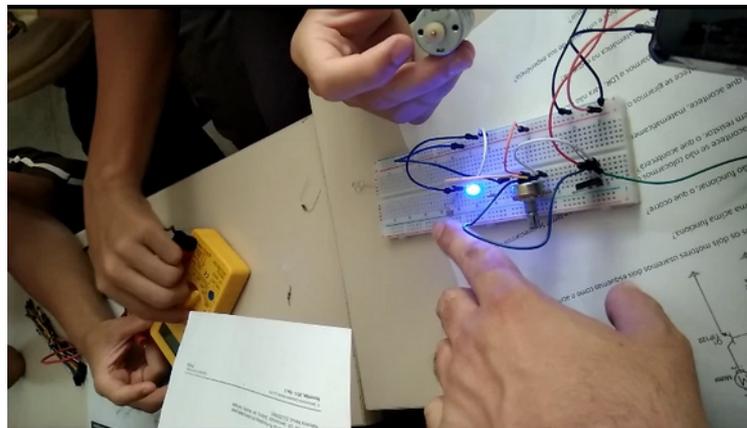
“educação bancária”, onde o professor expõe o conteúdo da disciplina e o estudante, tentar replicar, ou só entender o método. Talvez Matemática, para o participante, seja apenas aquilo que o Professor, “detentor do conhecimento”, passe para ele. Outro motivo, por não ter compreendido os conceitos de Corrente Elétrica, Resistência Elétrica e Diferença de Potencial, já que era sua primeira aula a participar.

#### 5.4.2.3 3ª Aula: Controle do motor DC por meio de circuito com *LDR*.

Todos os quatro participantes comparecendo, trabalhamos nessa aula o controle da velocidade do motor, com o *LDR*. O *LDR*, dependendo da quantidade de luz que incide sobre ele, pode variar sua resistência, permitindo passar mais ou menos corrente elétrica, conforme a luz incidente. Nesta aula foi montado o circuito da Figura 5.22.

Trabalhou em duplas, e cada dupla ficou responsável por um dos motores do robô seguidor de linha. A aula aconteceu no dia 27 de novembro de 2019.

Figura 5.24: Controle do motor com *LDR*.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Após a montagem das *Protoboards* com os circuitos controladores, fez-se a instalação do circuito no robô. Como o circuito sensor, *LED* e *LDR*, não estavam instalados na carcaça do robô, apenas colocamos o robô para movimentar, para observar a necessidade de inverter a polaridade dos motores. Ao final dessa aula, fizemos um questionário com o participante Sombra.

Professor: Olá Sombra. O que fizemos hoje?

Sombra: Ligamos o carrinho, usando a *Protoboard*.

Professor: O que usamos lá?

Sombra: Transistor, resistor, é, o reguladorzinho lá, que também é resistor, e o outro sensorzinho lá.

Professor: Ligou o que, que você ligou?

Sombra: A gente ligou o *LED*, na *Protoboard* e o motor do carrinho.

Professor: O que acontece se você girar o resistor variável?

Sombra: Diminui a força.

Professor: Ou?

Sombra: A potência.

Professor: É possível enxergar a Matemática Ali?

Sombra: Matemática ali?

Professor: É!

Sombra: Só na questão de medir, a resistência do resistor.

(10.3.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:, 27 de novembro de 2019).

É possível analisar que o participante consegue se lembrar das equações da Lei de Ohm, que foi necessária para o cálculo da resistência onde iria se ligar o *LED*.

Mas poderíamos ter feito diferente. Entre a saída do Coletor do transistor e a entrada do motor, poderíamos ter conectado um multímetro em escala de corrente elétrica, e medido, visualmente, com o aparelho, o valor da corrente elétrica que o motor estava consumindo. Daria para se calcular a corrente que gastaria, em velocidade máxima e velocidade mínima. Como o mesmo circuito, com o multímetro na mesma escala de Corrente, poderíamos calcular a corrente elétrica que sairia do carregador, e através da relação de potência elétrica,  $P=U \cdot i$  (27), onde a potência total gasta pelo circuito, **P**, era o produto entra a voltagem de funcionamento **U** pela corrente que circula o circuito **i**, e então poderíamos calcular a potência total gasta pelo circuito, bem como o consumo elétrico do robô fabricado.

Como os encontros eram rápidos e a duração da aula era pequena, e em vista a quantidade de projeto que ainda teríamos que desenvolver, isso não foi realizado.

#### 5.4.2.4 4ª Aula: Montagem final do Robô seguidor de linha transistorizado.

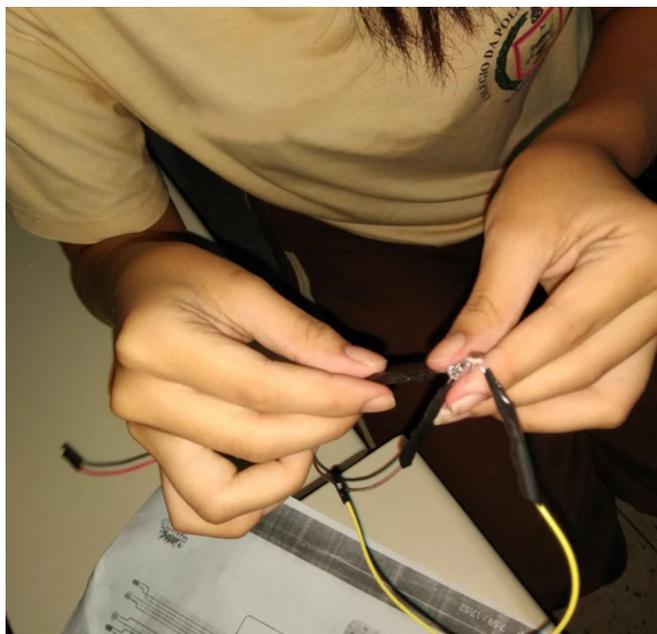
Nas aulas anteriores, havíamos montado, os circuitos de controle dos motores, e aprendido a montar o circuito *LED*, e na terceira aula, a controlar o motor com o *LDR* e a posicionar as *protoboards* com os circuitos no robô seguidor de linha. Então a quarta aula, apenas construímos o sensor de luz de cada lado do robô e efetuamos o término do robô, fazendo teste e como que ele segue a linha branca disposta no chão.

A montagem de circuito na *Protoboard*, às vezes são necessários muitos fios. Na

*portoboard* para se montar o circuito *LED* e *LDR*, eram necessários no mínimo 4 fios. Na montagem do circuito para acoplar ao robô, os participantes perceberam que eram necessários apenas 3, pois tanto o *LED*, quanto o *LDR*, possuíam o terminal negativo em comum, conforme a Figura 5.22.

Nessa etapa teve a necessidade de trabalhar com ferro de solda. Como o ferro de solda aquece acima dos 200° C, então auxiliamos os participantes a terem muito cuidado durante a soldagem.

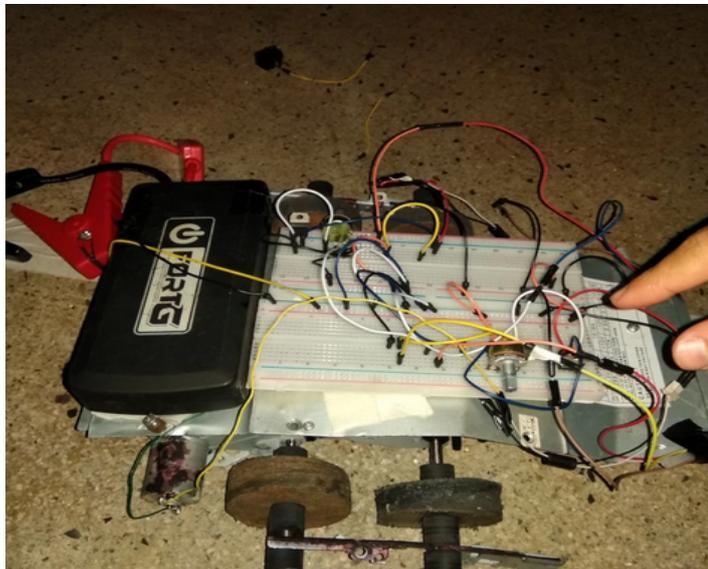
Figura 5.25: Circuito *LED* e *LDR* para acoplar no robô seguidor de Luz.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Em dupla, cada grupo montou o circuito *LED* e *LDR*, e fizeram a pinagem das cores dos fios, para que pudesse ser conectada a *Protoboard* ao final da montagem. O produto após as conexões dos sensores nas extremidades frontais direita e esquerda, mostrado na Figura 5.26.

Figura 5.26: Robô seguidor de linha após sua montagem



Fonte: Arquivo Pessoal.

Após término da montagem, os participantes realizaram testes e utilizaram o robô seguidor de linha, fazendo modificações no potenciômetro para que o robô ficasse mais sensível na leitura da linha branca disposta ao chão.

Em entrevista com a participante Luz, após o término da montagem e teste do robô seguidor linha, perguntamos a mesma, o que ela havia achado do projeto. Como resposta, ela nos disse que:

Luz: Eu achei muito top, porque não tenho noção nenhuma daquilo, estou pegando tudo do zero. E eu consegui fazer, junto com todo mundo, fazer o carrinho andar, sozinho.

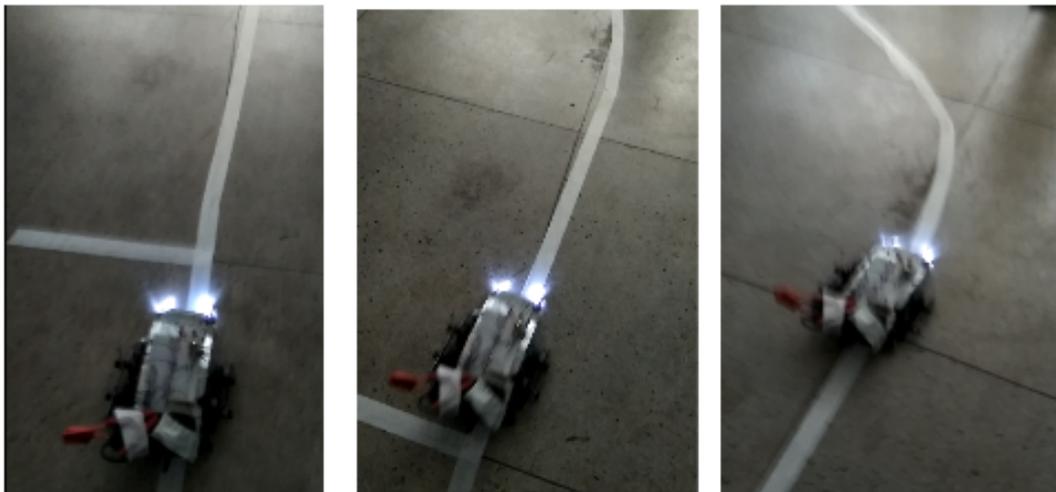
Professor: Conseguiu perceber de matemática?

Luz: Consegui. Porque tem todas as passagens de energia e a parte de carga negativa e positiva.

(10.4.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:, 30 de novembro de 2019).

No áudio, que obtivemos com autorização dos participantes, observa-se que a participante Luz, estava bastante emocionada/empolgada/feliz, por ter concluído a montagem do robô seguidor de linha.

Figura 5.27: Robô seguidor de linha: sequência de frames.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Questionamos, também, o participante Geanelli, sobre o que havia achado da montagem,

Geanelli: Muito interessante, desde a primeira aula eu estava querendo fazer esse carrinho, porque eu tinha visto um vídeo dele, só que eu não conseguia fazer, antes de começar o cursinho aqui. Aí agora nós fizemos, e achei muito interessante. (10.4.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:, 30 de novembro de 2019).

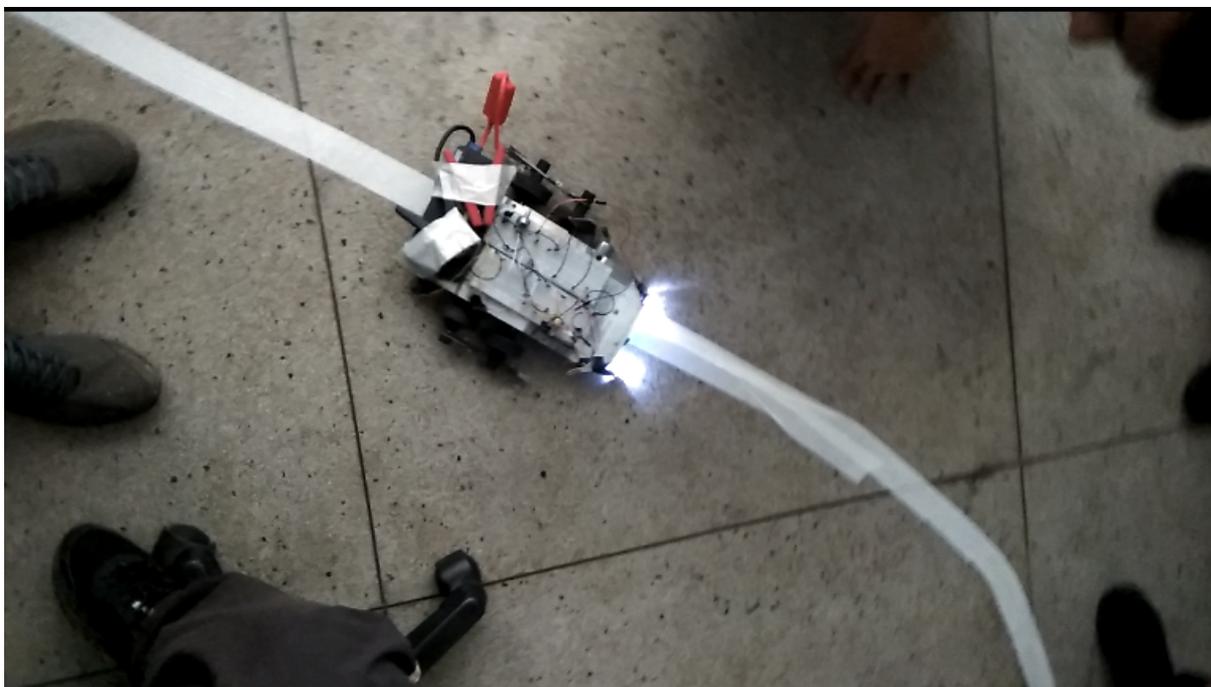
Quando indagado sobre o que havia percebido de Matemática na pesquisa, o mesmo no respondeu:

Geanelli: Aham, quando a gente mediu a resistência do resistor que era para ser necessário usar, a corrente elétrica passando, o negativo e positivo. (10.4.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:, 30 de novembro de 2019).

Então a fim de verificar o que havia aprendido da montagem, perguntamos como o robô funcionava. Daí tivemos como resposta:

Geanelli: Ele, hum. São dois lados, são dois motores. E o *LDR*, quando vê a fita branca, quando não vê a fita branca, ele acelera e quando ele vê a fita ele freia e o outro lado do motor vai virar o carrinho, ele corrige a posição dele na fita. (10.4.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:, 30 de novembro de 2019).

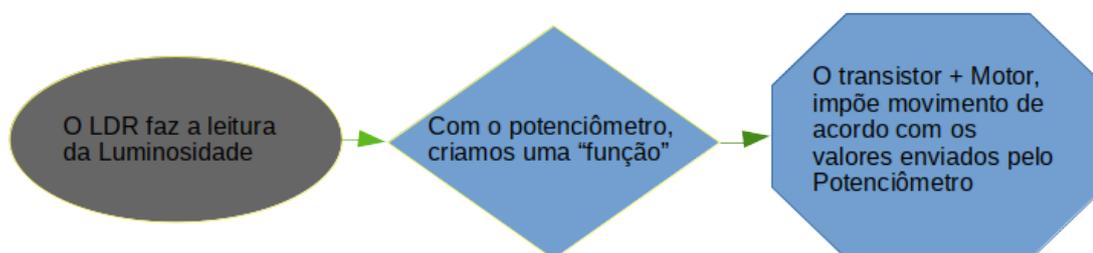
Figura 5.28: Participantes fazendo do uso do artefato robótico que construíram.



Fonte: Arquivo Pessoal.

O controle do robô era feito através dos Potenciômetros, que “processava a informação” obtida no *LDR* ao transistor de modo, que se obtivesse um movimento adequado.

Figura 5.29: Processo de tratamento de informação no robô



Fonte: Arquivo Pessoal.

Na Aula 7 do projeto, trocamos a forma com que se controlava o robô. Retiramos o potenciômetro e adicionamos o Arduino e *Driver*<sup>34</sup> controlador de motor. Com isso, trabalhamos com funções Matemáticas, onde os valores do *LDR* eram os valores do domínio

<sup>34</sup> **Driver** é um dispositivo que trabalha junto com um controlador gerador de pulsos, O **driver** inteligente recebe os pulsos elétricos gerados pelo controlador e realiza o chaveamento dos componentes de potência para fornecer a corrente necessária para dar movimento aos **motores**.

de uma função, que possuía como domínio, um subconjunto dos números Naturais. Como as portas analógicas do Arduino Uno podem ler/escrever até 1024 valores inteiros diferentes, logo poderíamos ter 1024 leituras diferentes para a intensidade luminosa, sendo esses valores, números compreendidos no intervalo de  $[0, 1023]$ . Logo tendo esse intervalo como domínio de uma Função, o Arduino fica responsável de fazer o papel de “Lei de formação”, e o conjunto, Driver e Motor, o papel de conjunto Imagem de valores compreendidos entre  $[0; 255]$ . Com o Arduino no papel de “Lei de formação” poderíamos escolher a função Matemática mais adequada para o movimento do robô.

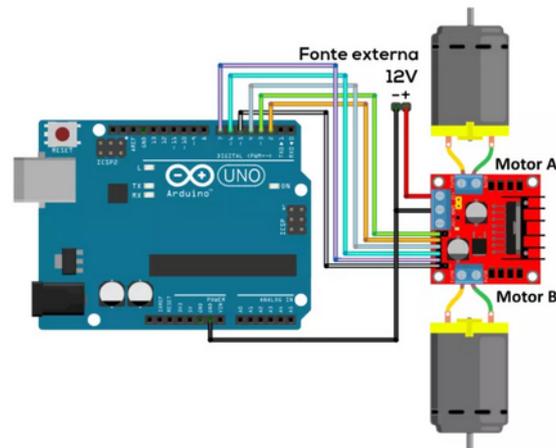
#### 5.4.2.5 7ª Aula: Robô seguidor de linha controlado pelo Arduino.

Essa aula foi realizada no dia 09 de dezembro de 2019. A ideia foi proposta pelos participantes, pois eles queriam ver como o robô seguidor de linha que eles construíram nas aulas anteriores, se comportaria ao ser controlado pelo Arduino.

Então foi pedido a eles que desmontassem a parte de controle do robô original e que ficassem apenas os motores e os sensores de leitura de cada lado. Dessa forma o Arduino fará a leitura dos sensores, e a partir dos valores obtidos na leitura dos *LDRs*, calculará, por meio de uma função definida/escrita no *software*, como se pode observar na seção 5.3.2.1-b-2 – Função: tratamento computacional com Arduino, qual valor ele enviará ao *driver* controlador de motor, para que o motor do robô possa movimentar ou não. Ou seja, o Arduino controlará todo o processo do Robô seguidor de linha, mediante a programação feita pelos participantes, de acordo com a luz ambiente, para que ele possa funcionar corretamente.

Aos participantes, foi entregue uma lista com os materiais necessários, explicando como funcionaria e os processos de montagem do robô. Foi pedido a eles que selecionasse as peças necessárias para a montagem do circuito da Figura 5.31:

Figura 5.30: Circuito controlador dos motores com Arduino e driver L298N (Ponte H).

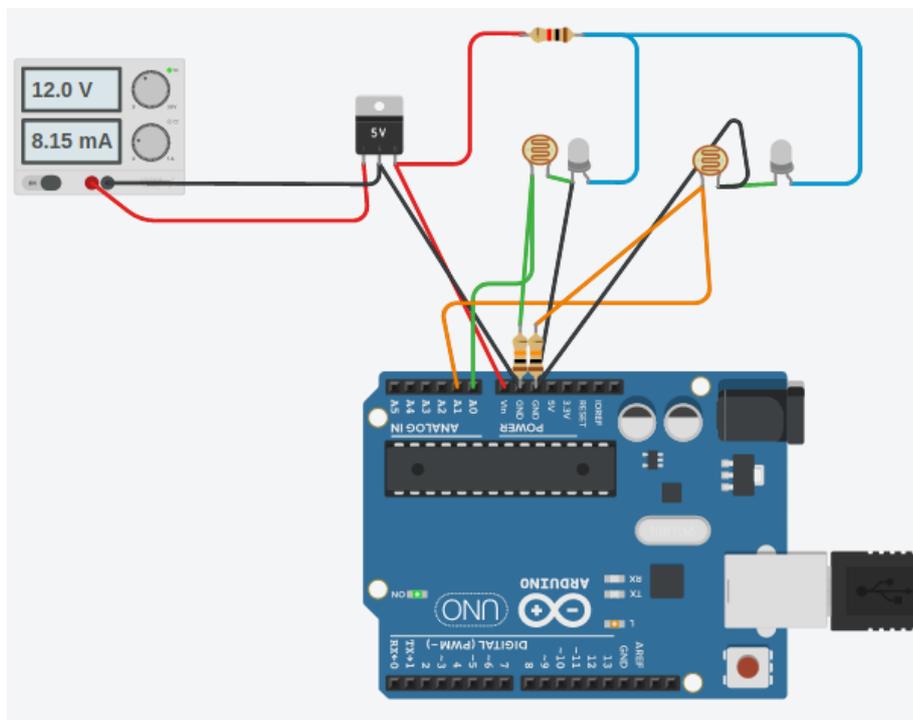


Fonte: Silício (2017).

A imagem da Figura 5.30 é colorida, mas a folha impressa do circuito que foi entregue aos participantes, era impressa em preto e branco. Então a montagem pelos participantes exigiria muita atenção para a conexão dos fios corretamente.

Durante o primeiro teste, observamos que os *LDRs* estavam retornando valores muito variados para a mesma quantidade de luz incidente. Ao verificar o circuito montado pelos participantes, observamos que eles não haviam montado o circuito *pull-down*, na saída de leitura dos *LDRs*. Então consertamos o esquema, conforme a Figura 5.31.

Figura 5.31: Parte do circuito PullDown nas saídas dos *LDRs* e Alimentação do Arduino.



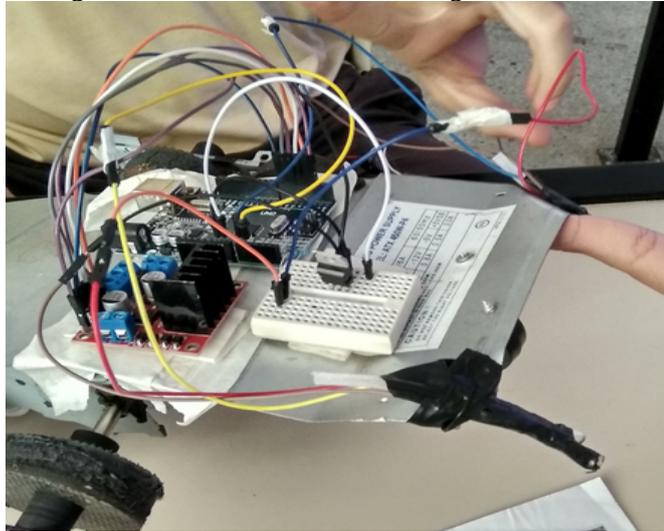
Fonte: Arquivo Pessoal.

Na construção desse circuito, tivemos que usar um regulador de tensão 7805. Esse regulador faria com que a voltagem de alimentação do robô de 12 V, fosse regulada em 5 V. E a partir da voltagem de 5 V, alimentariam o Arduino e os *LEDs* responsáveis pela iluminação da linha. Já havíamos trabalhado em outras aulas sobre os reguladores de tensão. Para que os participantes pudessem se orientar em relação a pinagem do regulador de tensão, levamos junto ao componente eletrônico, o seu *datasheet*<sup>35</sup>.

Nos *kits* adquiridos para esta pesquisa, havia os drivers de motor L293N. Sua montagem, talvez para estudantes de 9º ano, seria um pouco complexa. Como tínhamos um *driver* mais simples, o L298N, fizemos o uso dele. A Figura 5.32, mostra o *Hardware* do robô seguidor de linha após montagem.

<sup>35</sup> Arquivo com informações de funcionamento técnico do componente, como pinagem e outras informações.

Figura 5.32: Hardware do robô seguidor de linha.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Pronta a parte física do robô seguidor de linha, passamos para a parte de programação do Arduino, que leria os dados dos *LDRs* e através de uma função, transformaria em um dado para o controle de movimento dos motores, no L298N.

Após a programação do Arduino, durante o 2º teste, observou-se que apenas um dos motores estava funcionando. Então os participantes em conjunto com o professor, buscaram saber o porquê do segundo motor não funcionar. De 30 min a 45 min depois de revisar o circuito, a ligação dos motores e o programa no Arduino, observamos que não havíamos, na lista de orientações entregue aos participantes, declarado a forma que iríamos usar o segundo motor.

O driver L298N, também conhecido como ponte H, é assim conhecido pelo fato de que na saída dos motores pode comutar a polaridade positiva e negativa, fazendo com que o motor DC possa se movimentar tanto no sentido anti-horário, como horário. Então o erro no código estava em não declarar como o segundo motor trabalharia. O código do Figura 5.33, é o programa usado pelos participantes, para o controle do robô seguidor de linha, feito no IDE Arduino.

```

if (LDRes > 300) {
  valorvela = 200;
}
else if (LDRes< 300)
{
  valorvela = 25;
}

else{

  valorvela = 0;
}

if (LDRdi > 300)
{
valorvelb = 200;

}

else if (LDRdi < 300)

{
  valorvelb = 25;
}

else{

  valorvelb = 0;
}
//Alta
analogWrite(velocidadeA,valorvela); // aciona o motor a com velocidade A
valorvela
analogWrite(velocidadeB,valorvelb); // aciona o motor b com velocidade B
valorvelb
delay(100); // delay, atraso de 100 ms

}

//Fim do código.

```

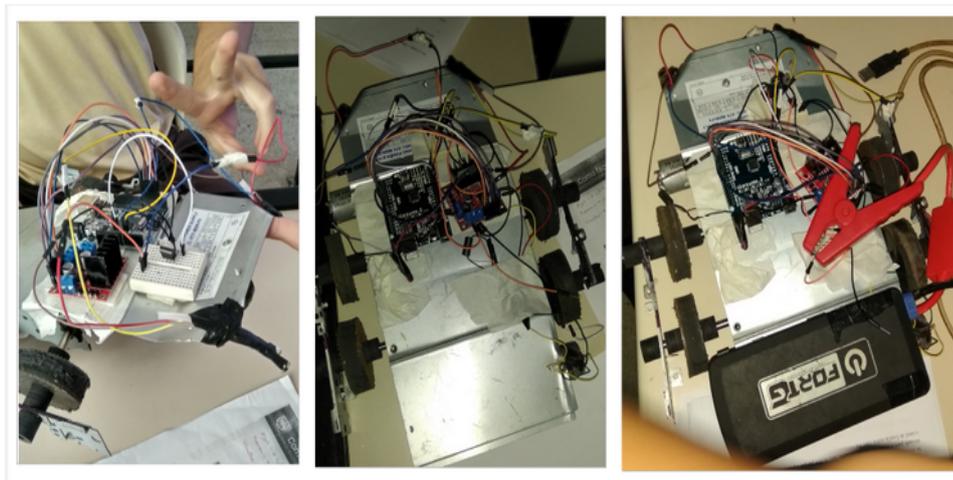
Fonte: Arquivo Pessoal.

Após o término, percebemos que a matemática no código poderia ser mais bem trabalhada no controle dos motores. Para a obtenção precisa das variáveis do código, *valorvela* e *valorvelb*, poderíamos criar uma função matemática, que poderia ser de 1º grau, exponencial, quadrática, logarítmica, que pudesse ser testada pelos participantes e eles decidissem qual seria a melhor função para o controle. Como as aulas curriculares dos estudantes haviam terminado no começo de dezembro e eles já estavam de férias, não foi

possível fazer essa implementação no código.

O robô seguidor de linha ficou muito mais preciso, apesar de ser simples a função matemática que eles utilizaram para o controle dos motores, em relação ao robô seguidor de linha controlado apenas com transistores que eles montaram nas 4 primeiras aulas.

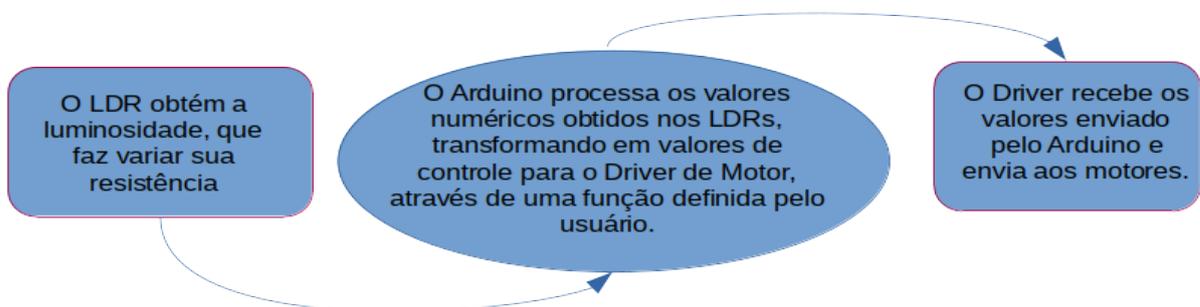
Figura 5.34: Montagem do circuito controlador Arduino, L298N, LEDs e LDRs com "Pull down".



Fonte: Arquivo Pessoal.

Talvez o uso de funções de 1º grau ou exponencial, em vez de condicionadores, como fizemos, faria o robô ser mais preciso.

Figura 5.35: Tratamento Matemático/Computacional no Robô seguidor de linha com Arduino.

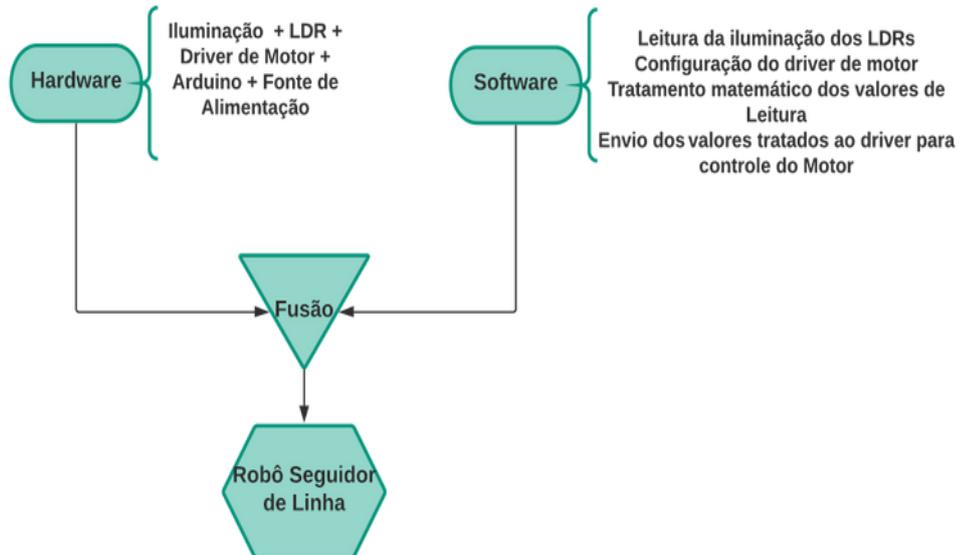


Fonte: Elaborado pelos Autores.

A grande diferença do robô controlado pelo Arduino, é que podemos controlá-lo, matematicamente. Cabe ao participante, ao fazer o programa de controle, escolher a função matemática que melhor se adapta, para o controle do robô seguidor de linha. A Figura 5.36,

nos dá a ideia de como se dá a união entre o *hardware* e *software* do robô seguidor de linha, bem como as principais funções de cada um.

Figura 5.36: União do *Hardware* e *Software* do robô seguidor de linha.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Ao final da aula, os estudantes puderam utilizar o robô que construíram, brincando e propondo novas formas e ideias para o melhoramento do robô.

O barulho que o robô fez, chamou a atenção dos estudantes do 3º Ano Vespertino, que eles descobriram que havíamos criado o protótipo seguidor de linha e queriam ver/saber como funciona. Foi feita uma demonstração do projeto robótico criado pelos participantes da pesquisa aos estudantes.

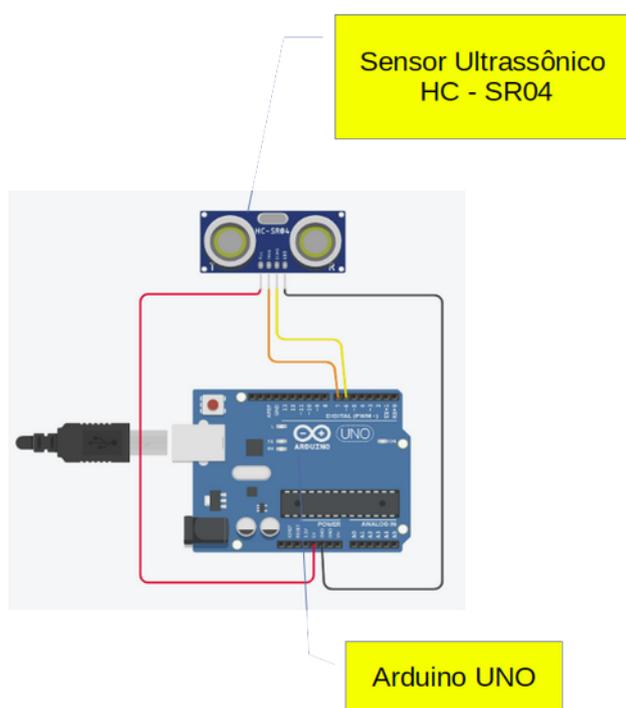
### 5.4.3 – Desenvolvendo Robô para cálculo da velocidade do som, determinação de distância e Sensor de Ré/Presença por intermédio de ondas Ultrassônicas

#### 5.4.3.1 5ª Aula: Trabalhando Arduino e Sensor ultrassônico

Nessa aula, pretendíamos mostrar aos participantes, uma maneira de como usar a Física em conjunto com a Matemática, para montar uma ferramenta aplicável, ao montamos

uma trena<sup>36</sup> sem fio, usando o Arduino e um sensor Ultrassônico. Na primeira parte da aula, fizemos a montagem do circuito necessário. Circuito simples, com apenas 4 fios de ligação. Na segunda parte, fizemos a programação da placa, para o funcionamento do robô criado.

Figura 5.37: Circuito Arduino e sensor ultrassônico.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Uma vez esse circuito montado, podemos fazer dele um: robô para calcular a velocidade do som, uma trena sem fio, um sensor de ré, sensor de aproximação, entre outras possibilidades.

A primeira programação feita para o controle do esquema da Figura 5.37, foi um programa que calcula a velocidade do som, a partir de uma distância predeterminada.

Para a execução da aula, foi entregue, a cada grupo participante, uma lista de comandos a serem digitados e testados no IDE Arduino. Dentro dessa lista disponibilizamos alguns prefixos matemáticos que seriam necessários para o cálculo e conversão da velocidade do som.

Durante a aplicação, observamos que havia alguns códigos de declaração de variáveis que poderiam ser de difícil compreensão e assimilação pelos estudantes, além de serem de

<sup>36</sup> Instrumento de medição de comprimento.

difícil digitação. Então trocamos esses códigos de declaração, por alguns mais simples. Por exemplo, o código de declaração “*const uint8\_t*” foi trocado por “*int*”, sem perda de significado e função, já que no programa estávamos usando esse código para a declaração de uma variável cujo valor era um número inteiro.

No Figura 5.38, abaixo, temos como ficou o programa utilizado para o cálculo da velocidade do som.

Figura 5.38: Programa para o cálculo da velocidade do som no Arduino.

```
//Elaborado por Marcelo Pires
int trig_pin = 7;
int echo_pin = 6;
float distancia = 70; //Modificar a distancia, conforme o sensor esteja do
objeto,no calculo da velocidade do som

uint32_t print_timer;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Habilita Comunicação Serial a uma taxa de 9600 bauds. Nos
  permitirá ver na tela a velocidade.

  // Configuração do estado inicial dos pinos Trig e Echo.
  pinMode(trig_pin, OUTPUT);
  pinMode(echo_pin, INPUT);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
}

void loop() {
  // Espera 0,5s (500ms) entre medições.
  if (millis() - print_timer > 500) {
    print_timer = millis();

    digitalWrite(trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(20);
    digitalWrite(trig_pin, LOW);

    uint32_t pulse_time = pulseIn(echo_pin, HIGH);

    float velocidade = 2*(distancia*10000)/ (pulse_time);
    Serial.print(velocidade);
    Serial.println("m/s");
  }
}
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

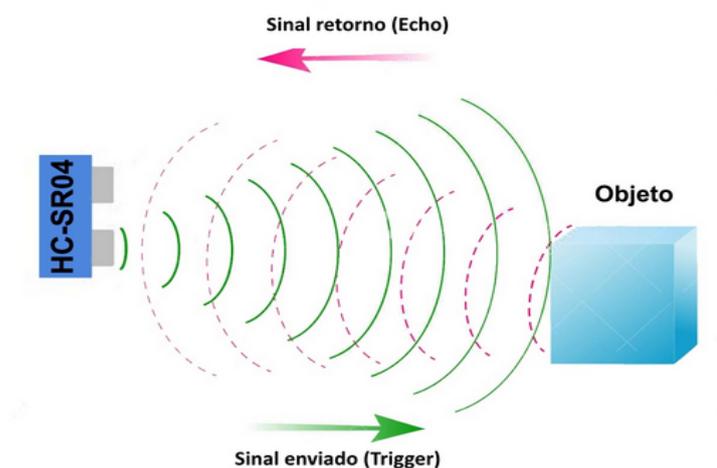
Para o cálculo da velocidade do som foi necessário explicar aos alunos, como o sensor funcionava, bem como se calcula a velocidade média.

A velocidade média é a média das velocidades de um determinado corpo, projétil ou partícula. Suponhamos que um corpo desenvolva várias velocidades em um trajeto, mas

percorrendo uma distância  $d$ , em um tempo  $t$ . Logo a média dessas velocidades desenvolvidas no trajeto, é igual à razão da distância  $d$  percorrida pelo tempo  $t$  de percurso.

Imaginemos o sensor ultrassônico e um objeto a uma certa distância à frente do sensor. O sensor envia uma onda sonora de 40 KHz e verifica se há algum retorno no sensor *echo*. (ECO). Se houver, ele faz o cálculo do tempo gasto para que ocorresse o retorno da onda. Como nessa aula queríamos calcular a velocidade do som naquele ambiente, colocamos um objeto à frente do sensor, como uma distância preestabelecida. Verificando o código da Figura 5.38, observamos que a distância é de 70 cm.

Figura 5.39: Como funciona o Sensor Ultrassônico.



Fonte: THOMSEN (2011).

A onda ao ser emitida pelo sensor, leva um tempo  $t$ , para atingir o objeto à frente dele, e leva um tempo  $t$  para retornar ao sensor. Ou seja, o tempo que a onda emitida pelo sensor, leva para retornar é um tempo  $t_{ida+retorno}$ , tal que o tempo de ida ou volta, é  $t = \frac{t_{ida+retorno}}{2}$  (28).

Logo a onda atinge o objeto, em um tempo  $t = \frac{t_{ida+retorno}}{2}$  (29), que está a uma distância  $d$ , que no caso, 70 cm. Logo pela velocidade média, teremos a velocidade do som no ar, dado por,  $V_{som\ no\ ar} = \frac{d}{t}$  (30), onde  $V_{som\ no\ ar}$  é a variável que retorna a velocidade do som no ar,  $d$  é a distância que colocamos o sensor do objeto e  $t$  o tempo gasto para que a onda

ultrassônica faça o percurso  $d$ .

Mas até aqui, apenas mostramos como seria calculada a velocidade média, sem ter a preocupação com a conversão de unidades de medidas, além de que também, devemos transcrever essa linguagem, para a linguagem do Arduino, para que possa controlar e realizar os cálculos necessários. Ou seja, devemos ensinar o Arduino como “trabalhar”, através do IDE.

O sensor ultrassônico, que utilizamos, possui 4 portas de conexão: os de alimentação GND (terra 0 V) e VCC (5 V), e os pinos *trigger* e *echo*. Então, no programa escrito no IDE, como na Figura 5.38, definimos os pinos *trigger* como *trig\_pin*, utilizando a função para declarar variáveis *int*. Mas por que utilizar *int*? Como as portas de conexão do Arduino, são numeradas com números inteiros positivos, por justa causa, utilizamos a função de declaração de variáveis inteiras (números inteiros), *int*. Isso foi feito com o pino *echo*, sendo declarado em *int echo\_pin=6*, no qual era a porta que estava conectado ao Arduino.

Figura 5.40: Declaração das variáveis em que estão conectados os pinos *trigger* e *echo*.

```
//Elaborado por Marcelo Pires
int trig_pin = 7;
int echo_pin = 6;
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Até agora o Arduino sabe apenas onde está conectado os pinos *trigger* e *echo*. Mas não sabe controlá-los. Na função *setup* do código, configuramos os pinos *trigger* e *echo*, declarados como *trig\_pin* e *echo\_pin*, como serão utilizados, através da função de configuração de pinos, *pinMode*. O pino, *trigger*, será utilizado para enviar a onda de 40 KHz. Logo para o Arduino, ele será um pino de saída. Já o pino *echo*, é o pino que verificará se há retorno ou não, que para o Arduino é um pino de entrada, para que ocorra a leitura dos dados. Logo definimos os pinos, *trig\_pin* e *echo\_pin*, respectivamente como, *OUTPUT* e *INPUT*.

Figura 5.41: Configurando os pinos *trigger* e *echo*.

```
// Configuração do estado inicial dos pinos Trig e
Echo.
pinMode(trig_pin, OUTPUT);
pinMode(echo_pin, INPUT);
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Definidos, os pinos ainda não realizam nenhum processo ou cálculo, pois ainda não foi

definido nenhuma rotina para executar.

Na função, *loop*, escrevemos o programa que o robô irá sempre executar enquanto estiver ligado. Primeiramente, ainda no *setup*, configuramos o estado com que o pino, declarado como *trig\_pin*, iniciará. Essa configuração é necessária para que o pino não emita valores antes da execução da rotina, na função *loop*.

No código abaixo, o Arduino escreve na porta digital em que está conectado o pino *trigger*, um valor Alto (5 V), e espera 20 microssegundos antes de escrever um valor baixo (0 V).

Figura 5.42: Comando que faz o pino *trig\_pin* receba (sensor) um valor Alto (5 V) por 20 microssegundos.

```
digitalWrite(trig_pin, HIGH);
delayMicroseconds(20);
digitalWrite(trig_pin, LOW);
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

O programa faz com que o Arduino envie ao sensor ultrassônico, através do pino *trigger* um pulso de tempo com pelo menos 10  $\mu$ s (microssegundos). Quando o sensor recebe, neste pino *trigger*, o pulso com duração de tempo superior a 10  $\mu$ s (microssegundos), o sensor envia 8 pulsos de 40 KHz, e verifica se há retorno de sinal ou não.

Através da função, *pulseIn*, o Arduino verifica qual é o tempo de pulso retornado pelo pino *echo* do sensor.

Figura 5.43: Definindo o tempo de retorno, bem como fazendo sua leitura no pino *echo\_pin*.

```
uint32_t pulse_time = pulseIn(echo_pin, HIGH);
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Se ocorrer sinal, ele envia, para o Arduino através do pino *echo*, o tempo de ida e retorno ao sensor, da onda de 40 KHz. Com esse tempo e a distância que se coloca o sensor do objeto, obtém-se a velocidade do som no ar, através do cálculo de velocidade média.

Então através da função de declaração de variáveis com precisão de até 6 casas decimais, *float*, definimos a velocidade.

Figura 5.44: Definindo a velocidade.

```
float velocidade = 2*(distancia*10000)/ (pulse_time);
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Atente-se ao fato, de que no código, não dividimos o tempo, de ida e volta da onda, por dois. Ao invés disso, multiplicamos a distância por dois, o que equivale a dividir o tempo, declarado no Arduino como *pulse\_time*, por dois.

Mesmo apenas dividindo a variável  $2*distancia$  pelo tempo, *pulse\_time*, não teríamos a velocidade do som com a unidade de medida exigida pelo Sistema Internacional de medidas, S.I. Isso ocorre por termos definido a distância, conforme a Figura 5.38, através do código `float distancia = 70;`, em centímetros. E pelo fato de o tempo lido, através da variável *pulse\_time*, estar em microssegundos. Como a velocidade média do som é dada em metros por segundos, era necessário que os participantes, tivessem que converter a velocidade obtido em cm/ $\mu$ s (centímetros/microssegundos) para m/s (metros/segundo).

Logo era necessário a conversão dessas unidades de medidas para o Sistema Internacional de Medidas. Como conversão, também é um conteúdo do currículo de Matemática do 9º Ano do Ensino Fundamental, achamos pertinente o trabalho, deste conteúdo, com os participantes.

Após conversão, a velocidade fora retornada, através do comando `Serial.println("velocidade")`. Esse comando retorna em uma linha do Monitor serial do IDE, o valor que a variável, *velocidade*, assumiu naquela rotina, executada na função, *loop*. Mas para que fosse possível ao retorno de valores para a *Porta Serial*, como mostra a Figura 5.38, na função *setup*, habilitando a comunicação entre o computador e Arduino, através de uma porta de 9600 bauds, com o comando `Serial.begin(9600);`.

E para mostrar a unidade de medida da velocidade, no monitor, usamos o comando, `Serial.println("m/s");`, logo abaixo de ter “printado” o valor numérico da velocidade.

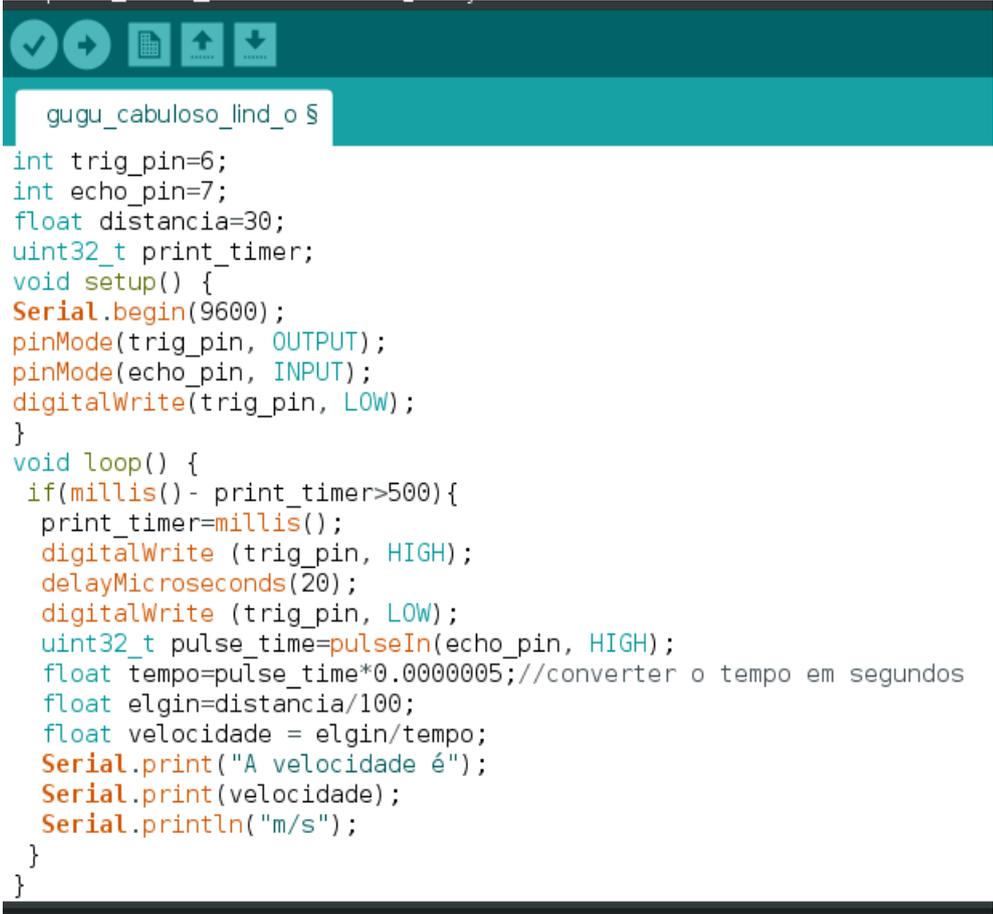
Figura 5.45: Imprimindo no monitor serial a velocidade e sua unidade de medida.

```
Serial.print(velocidade);
Serial.println("m/s");
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

O grupo de Luz e Geanelli, propuseram utilizar o código da Figura 5.46, para a conversão das unidades de medidas para Sistema Internacional, que é apresentado neste trabalho no item 5.3.2.2 – Conversão de Unidades de Medidas para o Sistema Internacional de Medidas.

Figura 5.46: Conversão de unidade de medidas proposta pelo grupo Luz e Geanelli.



```

int trig_pin=6;
int echo_pin=7;
float distancia=30;
uint32_t print_timer;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig_pin, OUTPUT);
  pinMode(echo_pin, INPUT);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
}
void loop() {
  if(millis()- print_timer>500){
    print_timer=millis();
    digitalWrite (trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(20);
    digitalWrite (trig_pin, LOW);
    uint32_t pulse_time=pulseIn(echo_pin, HIGH);
    float tempo=pulse_time*0.0000005;//converter o tempo em segundos
    float elgin=distancia/100;
    float velocidade = elgin/tempo;
    Serial.print("A velocidade é");
    Serial.print(velocidade);
    Serial.println("m/s");
  }
}

```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Ao final dos testes, cada grupo obteve um valor aproximado para a velocidade do som. Um dos grupos obteve 347 m/s e o outro grupo obteve 354 m/s.

Usamos a velocidade do som no ar adquirida naquele ambiente, visto que a velocidade do som no ar pode variar dependendo da umidade, temperatura, ventos e outras variáveis, para transformar o circuito da Figura 5.37, em uma trena sem fio, um Medidor de Distância Ultrassônico.

O código que se havia utilizado no cálculo da velocidade do som no ar, passaria por

apenas algumas modificações. No IDE Arduino, cada grupo declarou a variável “velocidade”, conforme o valor obtido no cálculo da velocidade do som. Depois criaram uma variável “distância”, e por meio da velocidade média, calculou-se a distância do objeto.

Nessa etapa, houve a necessidade dos participantes, converterem o tempo que estava em  $\mu\text{s}$  (microsegundos) para segundos.

Figura 5.47: Cálculo da distância grupo Luz e Geanelli.



```

gugu_cabuloso_lind_o
int trig_pin=6;
int echo_pin=7;
uint32_t print_timer;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig_pin, OUTPUT);
  pinMode(echo_pin, INPUT);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
}
void loop() {
  if(millis() - print_timer > 500) {
    print_timer = millis();
    digitalWrite(trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(20);
    digitalWrite(trig_pin, LOW);
    uint32_t pulse_time = pulseIn(echo_pin, HIGH);
    float tempo = pulse_time * 0.0000005; // converter o tempo em segundos
    float velocidade = 343;
    float distance = velocidade * tempo;
    Serial.print("A distância é");
    Serial.print(distance);
    Serial.println("m");
  }
}

```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Ao fim da aula, calculamos a distância de diversos objetos, e utilizamos uma trena para confirmar se era verídico a distância retornada pelo Arduino.

Como o tempo da aula era curto e usamos todo o tempo na montagem e teste do robô que calculava a distância dos objetos até ele, então foi pedido para que os participantes que fizessem o relatório da aula e que fosse entregue ao Pesquisador durante a aula de Matemática Aplicada dele. Segundo o participante Geanelli,

Achei a aula superinteressante. Nunca imaginei calcular a distância de um jeito tão fácil e diferente.

Programar o Arduino foi divertido e agora quero usá-lo no carrinho para ver como funciona. (Geanelli: 9. 5 – Relatório da Aula de sensor de ré e cálculo da velocidade do som).

O participante mencionou que gostaria de utilizar o Arduino no carrinho seguidor de linha, que por acaso foi possível pois existia em um *kit* um *driver*<sup>37</sup> de motor, possibilitando o controle do carrinho seguidor de linha pelo Arduino, que viabilizou a 7ª aula do projeto de pesquisa. Já o relato da participante Luz,

A aula foi muito interessante, pois aprendemos a calcular a velocidade do som e a distância usando apenas o sensor ultrassom<sup>38</sup> e o Arduino (programado por nós alunos), agora eu quero fazer o carrinho andar usando o Arduino, pois ele funciona melhor assim, e apresentar o nosso trabalho para alguma turma (Luz: 9. 5 – Relatório da Aula de sensor de ré e cálculo da velocidade do som).

Percebe-se no relato dos participantes acima, a empolgação e o despertar do interesse para com o projeto construído. Esse processo de construção envolve a ação dos participantes, em entender o que fazer, como fazer e no que chegar. Entre essas etapas, eles têm que exercitar e usar vários conhecimentos básicos matemáticos, como conversão de tempo, de distância e a trabalhar com prefixos matemáticos, que é tão presente no nosso cotidiano, mas que parece algo tão distante da maioria dos estudantes, que se tem apenas uma página nos livros didáticos.

De acordo com Goiás (2014), podemos aplicar esse projeto nas Séries de 9º Ano do Ensino Fundamental e 2ª Série do Ensino Médio, como podemos observar no Quadro 8.

---

37 É um controlador de motor via *software*.

38 Sensor Ultrassônico

Quadro 8: Conteúdos onde se trabalha a velocidade, som e conversão de unidade de medidas conforme o SI, de acordo com o Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás de 2014.

Série	Disciplina	Eixo Temático	Conteúdo	Expectativa de Aprendizagem
9º Ano	Matemática	Grandezas e medidas	Sistema internacional de unidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar, analisar e resolver situações problema que envolvem grandezas como velocidade, energia e trabalho.</li> <li>• Identificar diferentes unidades de medida de acordo com normas e padronização do Sistema Internacional de Medidas.</li> <li>• Realizar conversões entre as diversas unidades de medida do Sistema Internacional de Medidas.</li> </ul>
2ª Série	Física	Som e luz	O som e suas propriedades Ondas e seus fenômenos. (Efeito Doppler, eco, reverberação etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saber explicar o que significa a frequência, o período, o comprimento de ondas e a amplitude de uma onda.</li> <li>• Conhecer e saber usar na solução de problemas simples a relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda.</li> </ul>

Fonte: GOIÁS, 2014.

O Professor, nesse tipo de trabalho, deixa de ser mero transmissor de conhecimento, diria Freire (1987), com a representação da educação “Bancária”, e passa a ser um mediador/orientador do processo da construção do conhecimento. É um processo que envolve a ação do estudante em conjunto com o professor, onde ambos compartilham saberes e constroem, pela pluralidade de ideias, caminhos para se chegar ao objetivo da construção do conhecimento. Segundo o relato do participante Harry Potterson,

Gostei bastante da aula, de montar os códigos, confesso que eu não gostava da programação, mas depois da aula, comecei a pesquisar mais sobre o assunto. Nós calculamos a velocidade do som através de um dispositivo, e eu espero que nas próximas aulas calcularmos a distância dos objetos, usarmos o Arduino, programarmos ele. Pretendo continuar a vir nas aulas pois estou gostando muito. (Potterson, 9. 5 – Relatório da Aula de sensor de ré e cálculo da velocidade do som).

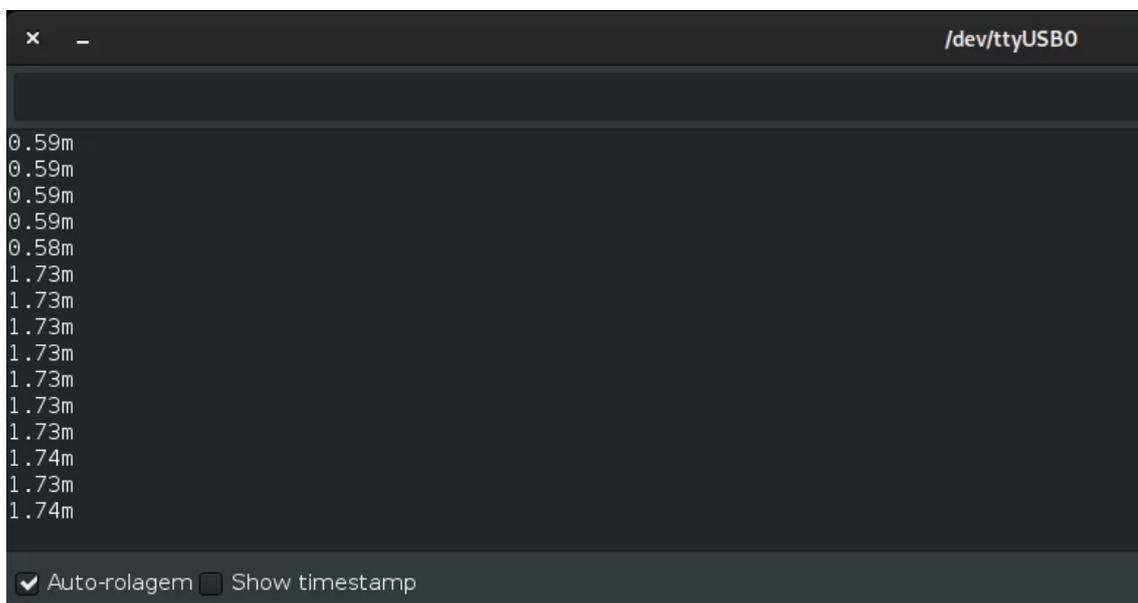
Percebe-se o envolvimento dos participantes, o quão engajados estavam com o projeto

de pesquisa, já estavam tendo ideias do que construir em aulas, pensando como construir, sem que propuséssemos alguma atividade.

#### 5.4.3.2 6ª Aula: Robô sensor de estacionamento

Nesta aula damos continuidade da utilização do Sensor ultrassônico e Arduino, para a construção de um robô sensor de estacionamento. Como o circuito construído anteriormente nos retornava apenas a distância na tela do computador, precisaríamos de um atuador para que nos retornasse esse dado, com o robô desconectado do IDE e computador. Então propusemos a utilização de um atuador sonoro. Dessa maneira, fizemos o uso de um *Buzzer*, mas poderíamos utilizar de um atuador visual com um conjunto de *LED* indicadores, uma tela *LCD* etc., para que pudessem nos retornar a distância que o sensor se encontrava do objeto.

Figura 5.48: Forma em que a distância era representada no computador.



```
× - /dev/ttyUSB0
0.59m
0.59m
0.59m
0.59m
0.58m
1.73m
1.74m
1.73m
1.74m
```

Auto-rolagem  Show timestamp

Fonte: Arquivo Pessoal.

A Figura 5.48, mostra a forma com que a distância era representada a um observador no computador. Então, querendo contextualizar de que outras formas poderíamos obter da distância do sensor a um objeto, solicitamos que os participantes, que pensassem em propostas, dentro do material que tínhamos disponível nos *kits*, de que outra maneira poderíamos representar essa distância, para um visualizador ou ouvinte. Então a ideia foi usar

*LEDs* indicativos e um *Buzzer*. Foi necessário explicar aos participantes as funções *if*, *else if* e *else*.

Na primeira parte da aula reconstruímos todo o circuito da aula anterior e refizemos todos os passos, como calcular a velocidade do som, depois transformar o circuito em um *trena sem fio*.

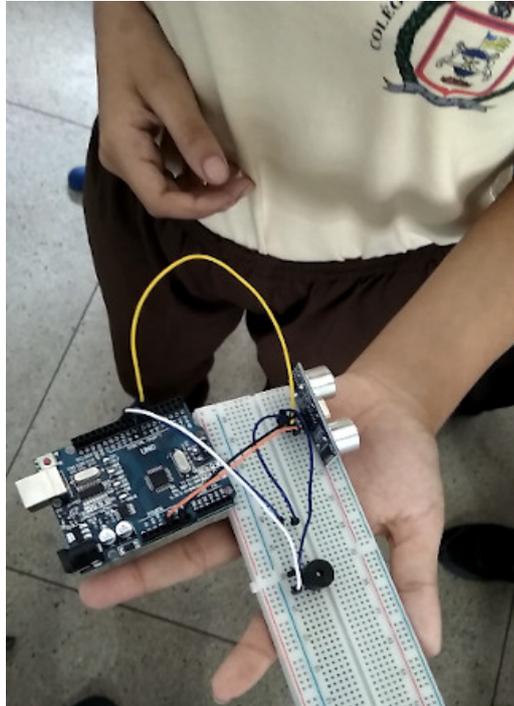
Para essa aula foi aproveitado o circuito e parte do código do robô medidor de distância (*trena sem fio*) e apenas construiu uma maneira de representar a distância sem o uso do computador, somente utilizando o *Arduino* e peças eletrônicas.

Após criação do circuito e código que retornava à distância de um objeto ao sensor, acoplamos ao projeto, um *Buzzer*. Esse *Buzzer* seria responsável por emitir um sinal, na forma de som, conforme o objeto estivesse mais perto ou distante do sensor. Nesse ponto ocorreu apenas o processamento da distância a qual seria usada dentro de uma função para retornar um som. Foi utilizada nesse processo uma função de 1º grau, onde a distância compunha os valores do domínio da função e o som comporia o conjunto imagem da distância pela função criada.

Como o som teria que ser mais intermitente quanto mais próximo ao sensor, então utilizamos funções *if*, *else if* e *else*, para criar uma função condicional em relação a distância. Com isso demos a ideia ao estudante, sobre as funções condicionais. Se  $x$  é um valor em um intervalo  $a < x < b$ , então execute a função  $y = e.x + f$ . Se  $x$  é um valor entre  $c < x < d$ , então execute a função  $y = g.x + f$ . Senão, execute determinada função.

Então os participantes conseguiam mensurar a distância que o sensor se encontrava do objeto, pela intensidade do apito que o *Buzzer* retornava.

Figura 5.49: Participante Luz e seu circuito sensor de ré.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Para o controle do sistema sonoro, foi usado parte do código que calculava a distância e acrescentado a função que retornaria o som. Então declarou-se a variável *buzzer*, no IDE Arduino, como *int buzzer=8;* que era a porta onde se estava conectado ao *Buzzer* e fez-se as modificações nos códigos, apresentado Figura 5.50.

Figura 5.50: *Software* do robô sensor de distância com Buzzer.

```
//início do código

int trig_pin = 6;
int echo_pin = 7;
int buzzer = 8;
float velocidade = 343;
uint32_t print_timer;
float distancia;
void alerta(float distance);

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Habilita Comunicação Serial a uma taxa de 9600 bauds.
  // Configuração do estado inicial dos pinos Trig e Echo.
  pinMode(trig_pin, OUTPUT);
  pinMode(echo_pin, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
}

void loop() {
  // Espera 0,5s (500ms) entre medições.
  if (millis() - print_timer > 500) {
    print_timer = millis();

    digitalWrite(trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(20);
    digitalWrite(trig_pin, LOW);

    uint32_t pulse_time = pulseIn(echo_pin, HIGH);

    float distancia = 0.0000005*(velocidade)*(pulse_time);
    Serial.print(distancia);
    Serial.println("m");

    //Início das funções condicionais

    if (distancia > 1.5 && distancia<2)
    {
      alerta(500);
    }

    else if (distancia > 0.5 && distancia<1.5)
    {
      alerta(400);
    }

    else if (distancia > 0.3 && distancia< 0.5)
    {
      alerta(250);
    }

    else if (distancia < 0.3)
    {
      alerta(210);
    }

    //Continua na próxima figura.
  }
}
```

```
else{
digitalWrite(buzzer, LOW);
}
}
}

void alerta(float distance){
digitalWrite(buzzer, HIGH);
delay( distance);
digitalWrite(buzzer, LOW);
delay(-210 + distance);
digitalWrite(buzzer, HIGH);
delay(distance);
}

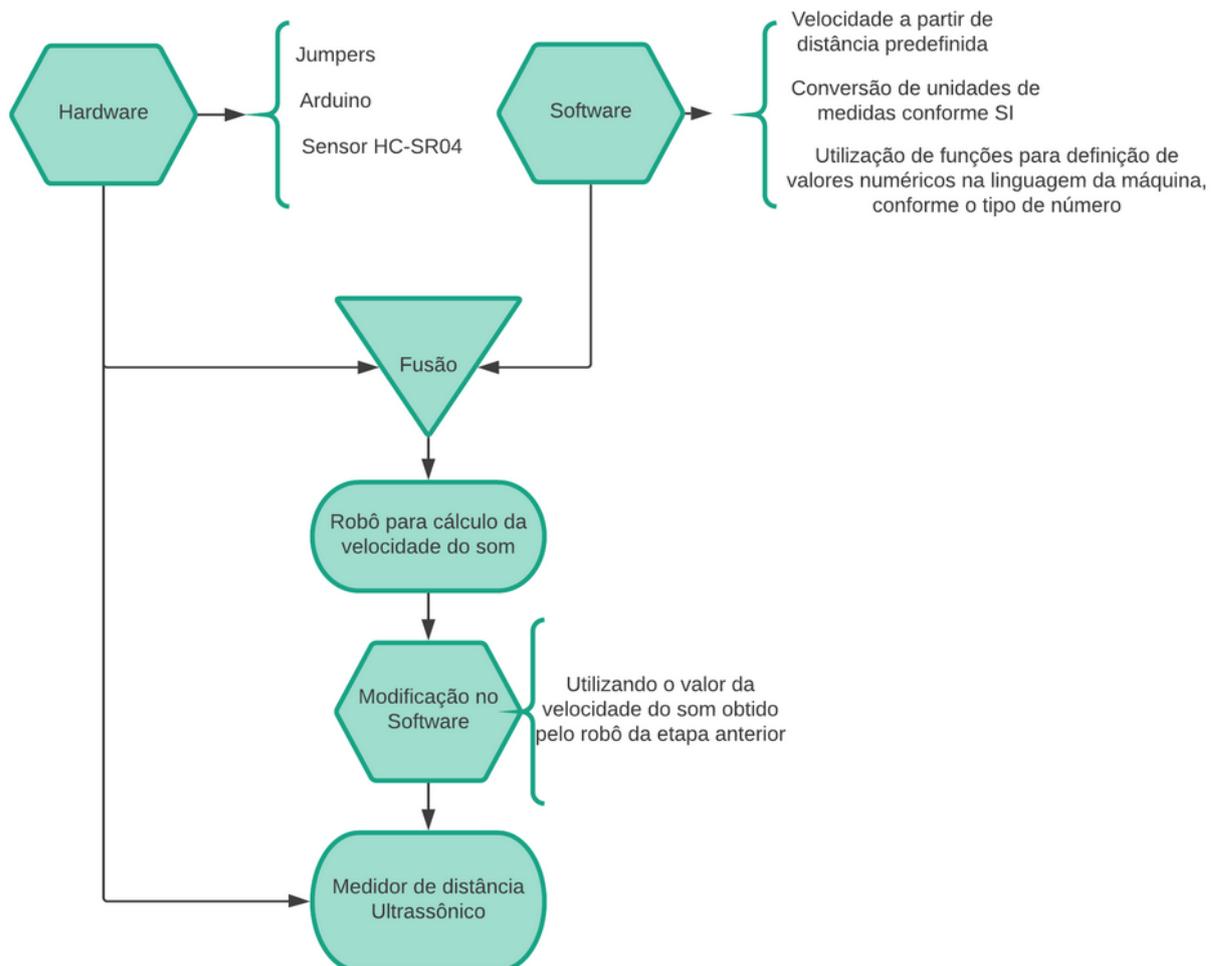
//Fim do código
```

Fonte: Elaborado pelos Autores e participantes.

No código da Figura 5.50, criou-se a função *alerta*, que envia ao *buzzer* um valor numérico que é convertido em sinal sonoro, dependendo da distância. A função afim que os participantes criaram, *delay(100 + distance)*;, era bem simples, pois trabalhava com apenas alguns valores do domínio, definidos nas funções condicionais.

Mas para eventuais trabalhos, poderá ser criada uma função matematicamente mais elaborada, onde converte-se a distância a uma imagem adequada ao nível sonoro desejado. Como eram estudantes de 9º ano, preferimos trabalhar com o tipo de função presente no currículo deles.

Figura 5.51: Evolução do robô: de cálculo da velocidade do som para um medidor de distância Ultrassônico.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Por meio de uma sequência didática, montamos um robô para o cálculo da velocidade do som em determinado ambiente. Após a obtenção dessa velocidade, o robô foi transformado num Medidor de distância Ultrassônico, o qual foi convertido em um robô sensor de ré/presença, que poderia ser aplicado como um jogo de cabra-cega, por exemplo.

## 6. REFLEXÕES SOBRE A APLICAÇÃO DAS AULAS

Um das indagações da pesquisa, que resultou nesta dissertação, buscamos resposta, como a robótica educacional, em uma perspectiva livre, pode contribuir para aprendizagem Matemática e Física?

### 6.1 AFETIVIDADE, JÚBILO, COMPRAZER, CONTENTAMENTO ETC.

Buscávamos de início, observar como a robótica educacional poderia servir de instrumento de aprendizagem, que pudesse unir o currículo com a prática. Mas observamos que, através do uso da robótica educacional, em nossa pesquisa, os participantes apresentavam um ar de satisfação pela participação e pela construção dos projetos desenvolvidos. Talvez seja pelo fato de que a maioria nunca havia tido contato com a robótica ou por ter conseguido montar/fazer o projeto funcionar, ou ainda, pela própria satisfação que a robótica proporciona aos seus praticantes.

No trabalho de Ferreira e Acioly-Régner (2010), sobre as contribuições de Henri Wallon à relação cognição e afetividade na educação, os autores abordam como a relação de cognição e afetividade na educação promove a formação completa da pessoa. Segundo os autores,

O desenvolvimento da pessoa como um ser completo não ocorre de forma linear e contínua, mas apresenta movimentos que implicam integração, conflitos e alternâncias na predominância dos conjuntos funcionais. No que diz respeito à afetividade e cognição, esses conjuntos revezam-se, em termos de prevalência, ao longo dos estágios de desenvolvimento. Nos estágios impulsivo-emocional, personalismo, puberdade e adolescência, nos quais predomina o movimento para si mesmo (força centrípeta) há uma maior prevalência do conjunto funcional afetivo, enquanto no sensório-motor e projetivo e categorial, nos quais o movimento se dá para fora, para o conhecimento do outro (força centrífuga), o predomínio é do conjunto funcional cognitivo. (FERREIRA; ACIOLY-RÉGNIER, 2010, p. 29).

Observa-se que, pela idade dos participantes, há uma maior prevalência, segundo a visão de Ferreira e Acioly-Régner (2010) sob a perspectiva de Wallon, do conjunto funcional afetivo, que dentro da teoria da psicogenética, são conjuntos que oferece as funções responsáveis pelas emoções, pelos sentimentos e pela paixão.

Estimando obter uma qualificação para a pesquisa que desenvolvemos, perguntamos aos participantes, qual era o grau de satisfação em participar do projeto de pesquisa. O

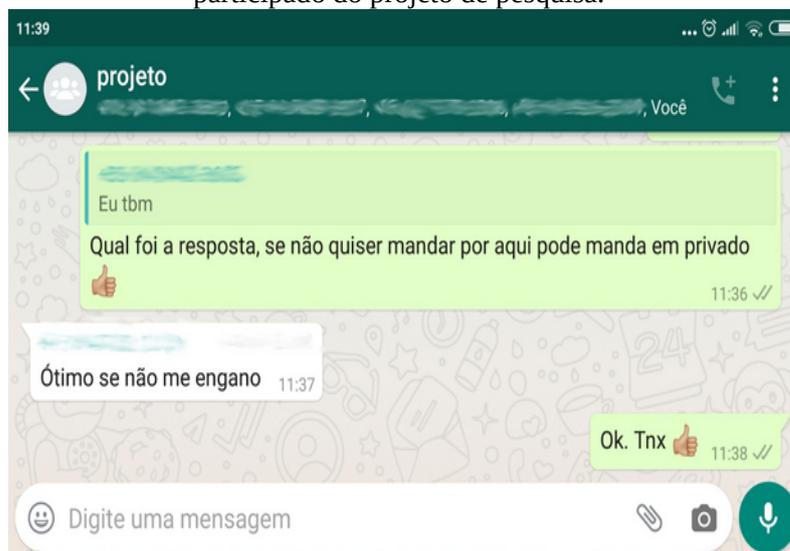
resultado é mostrado na Figura 6.1.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Um dos participantes, não havia respondido a essa pergunta, por falha no questionário ou conexão com a Internet. Deste participante, apenas algumas questões estavam respondidas. Mas depois em conversa em grupo de *WhatsApp*, criado pelos próprios estudantes, o participante, nos forneceu a resposta, como pode ser observada na figura abaixo:

Figura 6.2: Participante sombra sobre a satisfação em ter participado do projeto de pesquisa.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Durante as aulas aplicadas pela pesquisa, observamos essa satisfação, em maior exposição, na aula de número 4, bem como nas aulas de número 6 e 7.

Na questão do Quadro 9, tentamos identificar o que os participantes lembravam de ter feito/realizado na montagem do robô seguidor de linha, tanto o que construíram usando transistores, quanto o que construíram utilizando o Arduino como controlador.

Quadro 9: O que você lembra de ter feito nas aulas de desenvolvimento do carrinho seguidor de linha?

Participante	O que você lembra de ter feito nas aulas de desenvolvimento do carrinho seguidor de linha?
Harry Potterson	Ter usado o <i>LED</i> q quando apagava o carrinho andava, acho que é isso, tinha tipo de <i>LED</i> que captava a luz e fazia o carrinho andar.
Geanelli	Colocando os <i>LEDs</i> e <i>LDR's</i> , arrumando os fios na <i>Protoboard</i> .
Luz	Lembro de ter ajudado a montar a <i>Protoboard</i> .
Sombra	toda sua estrutura, com fios, resistor, o leitor de <i>LED</i> e também a programação do Arduino.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Mesmo após um a dois meses de pesquisa, os participantes tinham lembranças do que haviam estudado/desenvolvido. Quando indagados sobre o que mais gostaram de fazer, obtemos as seguintes respostas, com mostra o Quadro 10.

Quadro 10: O que mais gostou de fazer?

Participante	O que mais gostou de fazer?
Harry Potterson	Calcular o tamanho do espaço entre um objeto e outro.
Geanelli	o carrinho seguidor de linha.
Luz	o carrinho com o Arduino e a programação do sensor.
Sombra	O carrinho.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Por quase unanimidade, os participantes disseram que gostaram de montar o robô

seguidor de linha. Talvez por ter sido explorado em mais aulas, em relação aos outros projetos ou por ser mais lúdico.

Queríamos analisar, dentro do contexto da visão dos participantes, em que poderíamos melhorar na aplicação e desenvolvimento dos projetos.

Quadro 11: O que acha que poderia melhorar?

Participante	O que mais gostou de fazer?
Harry Potterson	Nada já "ta" tudo legal.
Geanelli	Foi excelente.
Luz	
Sombra	Mais tempo para fazermos.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Percebemos por intermédio dos dados do Quadro 11, que eles estavam satisfeitos com o que foi desenvolvido. Vale ressaltar que os estudantes nunca haviam trabalhado com robótica antes. E percebemos também que gostaram, pois queriam mais tempo para que pudesse ser desenvolvido o projeto. Não sabemos se, mais tempo de aula ou mais aulas. A participante Luz, não respondeu a essa questão, deixando-a em branco no formulário.

## 6.2 APRENDIZADO PELA TENTATIVA DE CORREÇÃO DO ERRO

Observa-se que com o uso da robótica educacional, ocorre que a montagem de um projeto, às vezes não funciona de imediato. Às vezes, ocorre algum erro de montagem, de programação, alguma peça que ficou faltando. E disso observa-se, que o erro, faz parte do processo de aprendizagem. Analisando o trabalho de Moreira (2006), sobre aprendizagem significativa, observamos que

O conhecimento humano é limitado e construído pela superação do erro. O método científico, por exemplo, é a correção sistemática do erro. Basta dar uma olhada na história da ciência. Claro, "sabemos coisas, mas muito do que sabemos está errado e o que o substituirá poderá também estar errado. Mesmo aquilo que é certo e parece não necessitar correção é limitado em escopo e aplicabilidade" (POSTMAN, 1996, p. 69)." (MOREIRA, 2006, p. 24).

Em uma turma normal de currículo de ensino ocorre de que alguns estudantes deixam de gostar de matemática, por ter errado, sempre errar os cálculos, por não conseguir

compreender, porque a matemática é difícil, entre outros argumentos e verifica-se que os estudantes criam uma barreira psicológica para a matemática, e cria-se a divisão social, de quem não é bom em Matemática, é de Humanas, e quem é bom em Matemática, é de exatas.

Durante a aula de número 3, o participante Geanelli, após montar o circuito *LED/LDR* e motor, observou que o *LED* havia acendido rápido e depois apagado. Então o participante procurou entender o que estava ocorrendo. E depois de várias observações no circuito, ele verificou que estava ligando o *LED*, que operava em 2 V com 20 mA de corrente, direto na voltagem de 12 V, sem que se passasse por um resistor.

Nesse sentido, Moreira (2006), sob a visão de POSTMAN (1996), observa a metáfora de professores detectores de erros, que auxiliam e tentam reduzir os erros de seus alunos, em seus conhecimentos e habilidades. Dessa forma, Moreira (2006), conclui que,

tais professores buscariam ajudar seus alunos a serem também detectores de erros. Isso nos remete, outra vez, à idéia de aprendizagem significativa subversiva: buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender subversivamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo pela superação. (MOREIRA, 2006, p. 25).

Então com a utilização da robótica educacional, o erro faz parte do processo, como em qualquer outra atividade humana. E a busca pela correção do erro, também. Ou seja, os participantes percebem que é normal errar, bem como também é normal, a busca pela solução do problema do erro, verificação de onde se está errando, para a realização das correções necessárias, o que não é muito diferente da Matemática e outras matérias curriculares.

### 6.3 ENGAJAMENTO

Segundo Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004), engajamento, por sua natureza multifacetada, pode ser definida de três maneiras:

O engajamento comportamental baseia-se na ideia de participação; inclui o envolvimento em atividades acadêmicas e sociais ou extracurriculares e é considerado crucial para alcançar resultados acadêmicos positivos e prevenir o abandono escolar. O envolvimento emocional engloba reações positivas e negativas a professores, colegas, acadêmicos e escola e presume-se que crie laços com uma instituição e influencia a disposição para fazer o trabalho. Finalmente, o engajamento cognitivo baseia-se na ideia de investimento; ele incorpora consideração e disposição para exercer o esforço necessário para compreender idéias

complexas e dominar habilidades difíceis. (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004, p. 60).<sup>39</sup> (Tradução dos autores).

Observamos, que durante a aplicação da pesquisa, que os participantes ficaram engajados em realizar e por estarem aprendendo, aquela atividade. Durante a montagem dos robôs, foi observado que os estudantes participavam ativamente e ficavam atentos ao plano de aula que lhes era fornecido. E observamos também, pela resposta do Quadro 11 dada pelo participante “Sombra”, que ocorria um engajamento comportamental no participante.

Na realização da aula 4, eles estavam muito empolgados e satisfeitos por terem realizado a montagem do robô seguidor de linha. Em vídeo coletado da atividade da aula, alguns participantes torciam para que o carrinho pudesse seguir o traçado no chão, feito de fita branca, mostrando o engajamento emocional do grupo. Observa-se que esse engajamento, era mais atenuado quando os participantes desenvolviam atividades todos juntos.

Observa-se o engajamento emocional, com sentimento de realização, que pode ser visto no item 10.4.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:, onde a participante nos conta como foi sua experiência no desenvolver da robótica, ao montar o robô seguidor de linha.

Segundo o trabalho de Kim et. al (2015), sobre Robótica para promover o engajamento, aprendizagem e ensino de professores em formação inicial, em sua pesquisa, os autores, para registrarem o engajamento cognitivo, utilizam os indicadores de engajamento cognitivo de Helme e Clarke (2001). Segundo os autores, “quando “justificar um argumento” foi observado durante uma colaboração de pequeno grupo, registramos que o participante que justificou um argumento exibiu engajamento cognitivo (Helme & Clarke, 2001, p. 141).”

Em nosso trabalho, percebemos esse tipo de engajamento, pelo modo que se propôs em buscar respostas para diferentes problemas no decorrer da pesquisa. Podemos observar o engajamento cognitivo, pelas respostas obtidas e expressas nos itens do Quadro 12, Quadro 13, Quadro 14 e Quadro 15.

---

39 Behavioral engagement draws on the idea of participation; it includes involvement in academic and social or extracurricular activities and is considered crucial for achieving positive academic outcomes and preventing dropping out. Emotional engagement encompasses positive and negative reactions to teachers, classmates, academics, and school and is presumed to create ties to an institution and influence willingness to do the work. Finally, cognitive engagement draws on the idea of investment; it incorporates thoughtfulness and willingness to exert the effort necessary to comprehend complex ideas and master difficult skills.

## 6.4 COOPERAÇÃO

LUPION TORRES; ALCANTÂRA e FREITAS IRALA (2004), citando Olsen; Kagan, citados por Oxford (1997, p. 443), definem a aprendizagem cooperativa como:

uma atividade de aprendizagem em grupo organizada de tal maneira que a aprendizagem seja dependente da troca de informações socialmente estruturada entre os alunos em grupos e na qual cada aluno é responsável por sua própria aprendizagem e é motivado a contribuir com a aprendizagem dos outros. (LUPION TORRES; ALCANTÂRA; FREITAS IRALA, 2004, p. 3).

Em algumas ocasiões, ocorria que alguns participantes não haviam entendido sobre o funcionamento de determinada parte do projeto. Outros estudantes, por própria espontaneidade, se dispunham a ajudar a sanar a dúvida do outro colega.

Como desmembramos a montagem do robô seguidor de linha, em partes e aulas separadas, os participantes conseguiram entender o funcionamento do robô seguidor de linha. Durante os testes, alguns participantes, que não haviam compreendido muito bem o funcionamento do circuito, podiam tirar suas dúvidas e aqueles que haviam compreendido, poderiam rever o que haviam aprendido e verificar se estava correto ou não. Ocorreu uma colaboração de experiências ao tempo de se revisar o conhecimento obtido. Observamos isso no trabalho de SILVA (2017), onde:

[...] acreditamos que esta metodologia de ensino através do Arduino, da investigação e experimentação matemática não se fecha em si, mas abre um novo mundo para que os estudantes e o pesquisador criem inúmeras possibilidades de aprendizagem coletiva e compartilhada dentro desta sociedade tecnológica que a cada dia exige mais dos seus cidadãos digitais. (SILVA, 2017, p. 62).

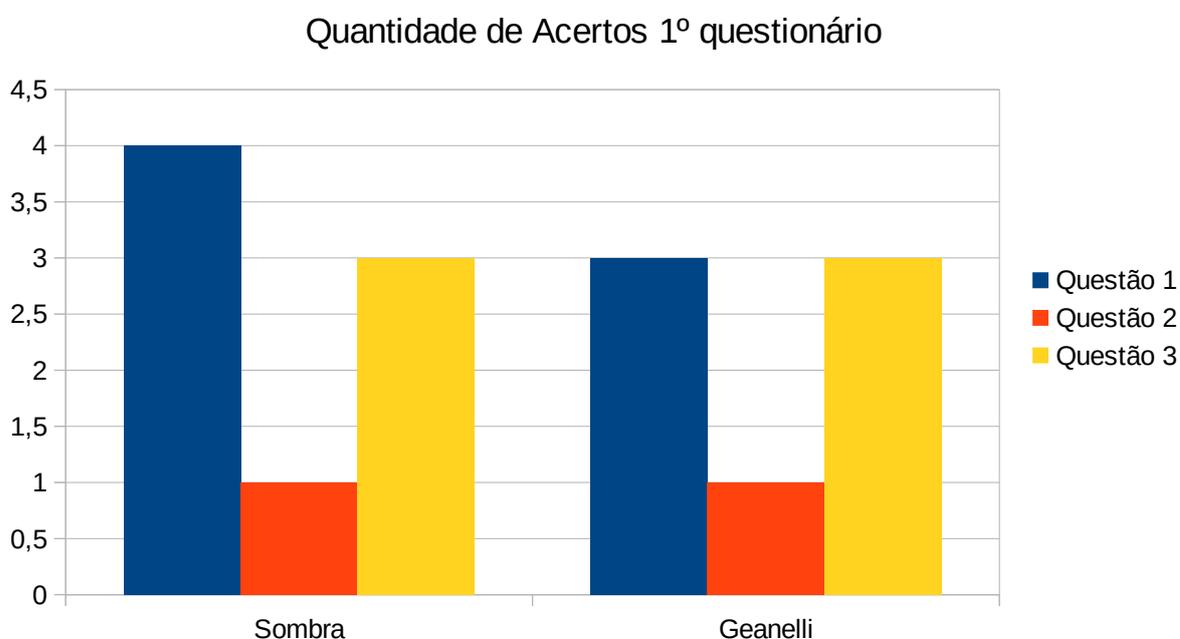
Com o intuito de materializar o que os participantes estavam entendendo, foram aplicados dois questionários aos participantes. Os questionários tinham como objetivo apenas verificar se os participantes estavam compreendendo o que estavam trabalhando, sobre os conceitos ensinados. Não era um meio para quantificar, em nota, o conteúdo ministrado. Eram questões para verificação de entendimento, tanto é, que não informamos aos participantes sobre as provas e nem quando ocorreriam, quando foi feito o convite aos mesmos.

O primeiro questionário foi aplicado no decorrer da 1ª aula realizada. Com esse questionário, buscamos mensurar, o que os estudantes conseguiram absorver/entender sobre a Lei de Ohm.

O questionário era composto de 8 perguntas, entre discursivas e objetivas. No verso dele, havia outras questões, que tinham o objetivo de obtermos a noção do que eles objetivavam fazer, aprendendo robótica.

O questionário abordava, além de grandezas físicas, como também matemática. Em grandezas físicas, trabalhamos com a Lei de Ohm e seus componentes, como voltagem, resistência e corrente elétrica. Em Matemática, além de resolução de equação simples de primeiro grau, também ocorreu o trabalho com gráfico de funções lineares, para que os participantes pudessem entender o comportamento de um resistor Ôhmico.

Figura 6.3: Quantidade de Acertos do 1º questionário.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A questão 1, era composta de 4 itens, A questão 2 era de múltipla escolha. E a questão 3, possuía 3 itens.

Nessa 1ª aula haviam comparecido apenas, os participantes, Sombra e Geanelli. O participante, Geanelli, no item b da questão número 1, não colocou a equação matemática que relaciona a voltagem, com resistência e corrente. Mas explicitou que o valor da equação seria  $40=13,3.3$ . Como não explicitou a equação,  $U = R \cdot i$ , consideremos, não sendo válida, a sua exposição.

Nas questões do verso do questionário, havia questões que objetivavam entender como os participantes enxergavam a Matemática na robótica. O Quadro 12 a seguir, nos fornece as

respostas fornecidas pelos participantes:

Quadro 12: Questão de nº 5 do verso da 1ª Prova.

<b>Participante</b>	<b>Qual é a importância da Matemática na aplicação?</b>
Geanelli	É importante para descobrir o valor da resistência que iríamos usar.
Sombra	Para descobrir a resistência

Fonte: Arquivo Pessoal.

Em outra questão, buscávamos observar o que eles haviam entendido/absorvido sobre a Lei de Ohm. Para essa pergunta, obtemos as seguintes respostas:

Quadro 13: Resposta da questão 6 do verso da 1ª prova.

<b>Participante</b>	<b>O que você acha que daria para fazer com a Lei de Ohm?</b>
Geanelli	Criar forças, correntes elétricas capazes de ligar uma luz.
Sombra	Força.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Observa-se pela questão de número 6, do 1º questionário, que eles ainda não tinham uma base científica para diferenciar as grandezas físicas, talvez pelo fato de ter esse primeiro contato com a Física. Vale ressaltar que a Física elétrica, pelo currículo do Estado de Goiás, é oferecida sua aplicação no 3º Bimestre do 9º Ano.

Mas por outro lado, os participantes sabiam como usar a Lei de Ohm, para calcular a resistência necessária na aplicação de ligar o *LED*, em conjunto com a Lei de Pouillet, pois nas aulas seguintes, usaram as Leis para ligar o *LED* em conjunto com o motor DC. Talvez fosse válida a resposta para um primeiro contato com a eletrônica/robótica.

Já o segundo questionário, foi aplicado na 3ª aula, após os participantes montarem o circuito composto por *LED-LDR-Motor* DC. O quiz era composto de 9 questões discursivas. As 6 primeiras questões, objetivou mensurar o que os participantes haviam compreendido em cada etapa da montagem do circuito *LED-LDR-Motor* DC, que era o controlador do robô seguidor de linha. Então obtemos, para as 6 primeiras perguntas desse questionário, as

seguintes respostas:

Quadro 14: Respostas obtidas dos participantes no 2º questionário.

	<b>Geanelli e Luz</b>	<b>Harry Potterson e Sombra</b>
1 – Como o esquema acima funciona?	Um motor que liga dependendo da quantidade de luz transmitida. Sua velocidade pode ser controlada.	O potenciômetro regula a energia que é passada para os motores por meio do <i>LDR</i> .
2 - Se o <i>LED</i> não funcionar, o que ocorre?	Diminui a velocidade com que o motor gira.	O motor não funciona.
3 – O que acontece se não colocarmos o resistor entre <i>LED</i> e o terra? Se conectarmos o <i>LED</i> direto, sem resistor, o que aconteceria?	O <i>LED</i> irá queimar.	Ele não liga. Queima.
4 – O que acontece, matematicamente no transistor <i>TIP 122</i> .	Dependendo da quantidade de corrente elétrica, ele pode acelerar ou desacelerar o motor.	Quando abre a porta do transistor, passa mais carga.
5 – O que acontece se girarmos o potenciômetro no sentido anti-horário? E no sentido horário?	Ele diminui e aumenta a velocidade.	Diminui a carga e aumenta a carga, respectivamente.
6 – O que ocorre se “taparmos” o <i>LDR</i> , para não incidir luz?	O motor irá girar mais fraco.	Passa mais energia, pois fica escuro.

Fonte: Arquivo Pessoal.

As questões 7, 8 e 9, buscavam entender, como os estudantes percebiam a Matemática no desenvolver da pesquisa, bem como a experiência que tiveram, durante as montagens e obter, o que eles gostariam de fazer para projetos futuros. No Quadro 15 a seguir, têm-se as respostas que obtemos para essas questões:

Quadro 15: Respostas das questões 7, 8 e 9 do 2º questionário.

Questões	Geanelli e Luz	Sombra e Harry Potterson
7 – O que você vê de Matemática no esquema?	A corrente elétrica que passa, o resistor, a voltagem...	Quantidade de energia passada.
8 – Conte, o que você achou e um pouco de sua experiência?	Superinteressante, ver como o sistema funciona, construindo desde o zero, foi top.	Foi bem louco, o meu funcionou e eu usei uma <i>Protoboard</i> maior.
9 – O que gostaria de fazer/construir?	Colocar o carrinho para seguir a linha.	Uma namorada robô.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Observa-se aqui, em destaque, o Construcionismo de Papert. Com a aplicação desses projetos, não queríamos apenas que eles fossem montados e que funcionassem, exaltando o método Piagetiano. Fazendo uma analogia à construção civil, não queríamos apenas construir um edifício, com o auxílio de um andaime, que seria destruído após o término do edifício. Queríamos utilizar esse mesmo andaime, para a construção de outros “prédios/edificações” mais sofisticadas.

Percebe-se que os participantes, compreenderam bem a importância de cada componente, para que o robô seguidor de linha pudesse se movimentar. Matematicamente, eles associam a quantidade de “energia” e corrente elétrica passa pelo fio, com a Matemática. Talvez, pelo fato de termos trabalhado na Lei de Ohm, através de questionário, cálculos no quadro branco, de maneira tradicional, mas aplicada com finalidade concreta. Observa-se aqui, o poder que a robótica oferece no ensino das disciplinas “tradicionais”.

## 6.5 STEAM

Segundo Resnick (2020),

Em seu livro *Mindstorms*, Seymour comparou a abordagem de ensino assistido por computadores, na qual “o computador é usado para programar a criança”, com sua própria abordagem, na qual “a criança programa o computador”. Sobre o processo de aprender a programar, ele escreve que uma criança “adquire a sensação de domínio sobre uma peça da mais moderna e poderosa tecnologia e estabelece um contato íntimo com algumas das ideias mais profundas das ciências, da matemática e da arte de construção de modelos intelectuais”. (RESNICK, 2020, p. 69).

Para PAPERT (1980), em sua *Geometria da Tartaruga*,

[...] o computador é usado como um meio de expressar matematicamente, o que nos permite elaborar tópicos que as crianças aprendam facilmente e que sejam significativos e coerentes com seu interesse pessoal. Ao invés de colocar problema educacional em “como ensinar a matemática escolar existente”, nós o colocamos como “reconstrução da matemática”, ou, mais genericamente, como reconstrução do conhecimento de tal maneira que não seja necessário grande esforço para ensiná-lo. (PAPERT, 1980, p. 75).

Para PAPERT (1980), o processo de aprendizagem, mas se aproxima da Matemática. Matemática é a ciência da aprendizagem, "como proporcionar maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino?" Segundo PAPERT (2008),

No contexto de uma sociedade dominada pela Escola, o princípio mais importante da matemática pode ser o incitamento à revolta contra a sabedoria estabelecida, pois sabemos que podemos aprender sem sermos ensinados e, com frequência, aprender melhor quando se é menos ensinado. (PAPERT, 2008, p. 136).

Matematicamente, tínhamos abordado durante a pesquisa, conceitos de equações, de gráficos de funções lineares (Lei de Ohm), de funções, razões, conversão de unidade de medidas, que eram conteúdos adequados e disponíveis no currículo do Estado de Goiás, para o 9º Ano do Ensino Fundamental.

Como para o desenvolver da Robótica Educacional, é necessário construir materiais concretos, utilizar da eletrônica, da programação, da Matemática e Física, surge o termo que *STEAM: Science, Technology, Engineering, Art and Math* (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática). Para Silva *et al.* (2017b),

A ideia por trás do STEAM na educação é romper barreiras entre disciplinas. Trata-se da interdisciplinaridade por excelência. As disciplinas STEAM são trabalhadas de forma conjunta permitindo ao estudante a mobilização de habilidades e saberes de forma integrada e concorrendo para uma aprendizagem significativa. Há a ênfase no trabalho em conjunto, que propicia, a cada estudante, o desempenho de funções e atividades que utilizem e desenvolvam suas habilidades e competências contribuindo para a aprendizagem comum. Também incentiva o desenvolvimento de um pensamento crítico e dota os estudantes de uma melhor capacidade para enfrentar a complexidade do mundo. (SILVA *et al.*, 2017b, p. 4).

Algumas vezes a Matemática não estava no centro das atenções. Às vezes, era um passo que eles deveriam realizar para o sucesso final da montagem. A Matemática, era uma ferramenta necessária, mas não o foco principal das atenções na montagem. Como os participantes queriam ter sucesso na montagem, eles apropriaram daquele conteúdo matemático, sem ter aquela obrigação/cobrança em decorar para prova, mas somente para obter sucesso na montagem dos robôs.

Pelos questionários que aplicamos, principalmente o 1º questionário, observamos que

os participantes haviam compreendido bem os conceitos, pois de 8 questões que formavam o primeiro questionário, tivemos quantitativamente, notas 7/8 e 8/8.

Em questionário, após o término do projeto, buscávamos mensurar o que havia marcado matematicamente os participantes. O questionário foi feito aos participantes um mês após o término da pesquisa, via formulário utilizando o *Google Docs Forms* e enviado via grupo *WhatsApp* criado pelos participantes. O Quadro 16, traz as respostas que os participantes nos forneceram:

Quadro 16: O que os participantes acham que viram de Matemática.

Participante	O que aprenderam de Matemática, ou o que você acha que viu?
Harry Potterson	Calcular qual a voltagem q tinha q ser usado.
Geanelli	Calcular a velocidade do som, a resistência da eletricidade, calcular corrente elétrica etc...
Luz	Conversão de tempo.
Sombra	As fórmulas de energia a serem passadas.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Observa-se que alguns dos participantes explicitaram onde se aplica a Matemática, mas não qual era a Matemática envolvida. Entretanto, não foi feita a indagação de qual Matemática está envolvida.

Já a participante Luz, explicitou, conversão do tempo, que utilizava a conversão de unidades de medidas, no projeto de cálculo da velocidade do som e cálculo de distância via ultrassom.

Em uma coluna para o Ministério da Educação da Colômbia, Papert (2005), cita alguns desafios para o ensino e aprendizagem, dentre eles,

Os professores aprendem enquanto ensinam. Quando o ensino consistia em ficar de pé na frente de uma classe e falar, o professor tinha que saber tudo de antemão. Quando o ensino passa a trabalhar com o aluno em projetos ou à procura de ideias na web, o professor também pode estar descobrindo. Isso não apenas resolve o problema de como obter novos materiais, mas permite que o professor seja um exemplo de bom aprendizado. Portanto, existe uma relação mais humana e pró-social entre professor e aluno.<sup>40</sup> (PAPERT, 2005). *Tradução dos autores.*

40 Los maestros aprenden a medida que enseñan. Cuando la enseñanza consistía en pararse delante de una clase y hablar, el maestro tenía que saberlo todo previamente. Cuando la enseñanza cambia hacia el trabajo con el estudiante en proyectos o buscar ideas en la red, el profesor también puede estar descubriendo. Esto no solo resuelve el problema de cómo conseguir nuevos materiales sino que permite al profesor plantear

Os projetos que desenvolvemos junto aos participantes, sempre envolviam Física, Matemática, Engenharia e Programação. Dentro da Física, trabalhamos conteúdos como velocidade, conversão de unidade de velocidade, tempo, distância, Lei de Ohm, resistores, capacitores, *LED*, *LDR*, corrente elétrica, voltagem etc.

No formulário, enviado aos participantes um mês após o término da pesquisa, realizamos um levantamento sobre o que eles viram ou acham que viram de Física. As respostas que obtemos, estão representadas no Quadro 17:

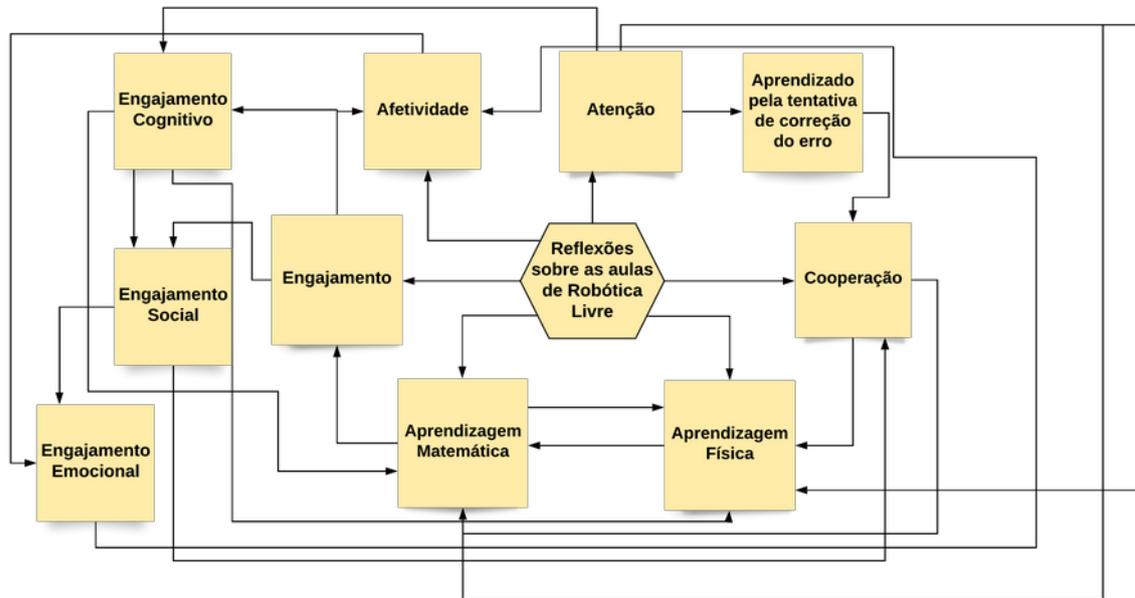
Quadro 17: O que os participantes acham que viram de Física.

Participante	O que aprenderam de Física, ou o que você acha que viu?
Harry Potterson	A velocidade.
Geanelli	Eletricidade.
Luz	Velocidade do som, velocidade média, Lei de ohm.
Sombra	Lei de Ohm.

Fonte: Arquivo Pessoal.

A partir dessas aferições observamos que ocorria uma interligação entre os diferentes tipos de aprendizagens e sentimentos acarretados por elas, nos aspectos relatados acima, como podemos observar na Figura 6.4.

Figura 6.4: Correlações entre os aprendizados.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Por meio das reflexões feitas sobre as aulas de Robótica Educacional Livre, percebemos que o aprendizado ocorria, também, a partir do erro. Quando um dos participantes, errava na montagem ou cálculo do projeto, os outros participantes tentavam ajudar, ou pediam auxílio ao Professor, gerando uma cooperação entre eles. A partir dessa cooperação, trocava-se aprendizados e experiências, entre os participantes, gerando conhecimento e discussões sobre cálculos matemáticos e fenômenos físicos. E com isso, gerava sucesso na montagem do produto, que gerava uma empolgação deles, dando um sentimento de satisfação em realizar aquela montagem.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, busca entender como a Robótica Pedagógica Livre, pode contribuir na aprendizagem de Matemática e Física. Para isso utilizamos de materiais Robóticos Livres, materiais *Hardwares* Livres e até sucatas. A proposta era de como utilizar esses materiais, unindo a proposta do faça você mesmo, com a Filosofia de Materiais Tecnológicos Livres, para o ensino de Matemática e Física do currículo tradicional.

Para isso, utilizamos da Robótica Educacional Livre, adaptando ao *software* controlador do Robô, conhecimentos matemáticos e físicos, da série que os participantes cursavam. PAPERT (1980), na década de 80, já previa que era possível adaptar a Matemática curricular, onde segundo ele, o currículo escolar deveria passar por uma “reconstrução do conhecimento de tal maneira que não seja necessário grande esforço para ensiná-lo”. (PAPERT, 1980, p. 75).

Observamos nesta pesquisa que a Matemática e Física são conhecimentos possíveis de se construir a partir dos projetos de Robótica Educacional Livre. E tal fato já responde ao questionamento do início do capítulo. Em resumo: Para que estudar Matemática e Física? Uma das respostas: para construir robôs.

Por meio dos relatos dos participantes e pelas tecnologias utilizadas na pesquisa, como pode ser observado pelas respostas das pelos participantes no Quadro 15, concluímos que os participantes, criaram ideias do que gostariam de construir. Embora não aprofundamos nas ideias por falta de tempo, observa-se que os participantes, chegaram a Espiral de Aprendizagem Criativa, defendida por Resnick (2020), onde os estudantes podem desenvolver conhecimentos através de um ciclo, que leva a, ...imaginar, criar, brincar, compartilhar, refletir, imaginar, ..., como podemos observar na Figura 7.1, mas não necessariamente nessa ordem, pois os estudantes podem criar algo a partir de uma sequência de montagem, e por meio dela, comecem a imaginar novas possibilidades e invenções.

Figura 7.1: Espiral da Aprendizagem Criativa.



Fonte: Resnick (2020, p. 39).

Essa espiral nos dá a ideia de como acontece o desenvolvimento do conhecimento, de forma criativa. Observa-se que o conhecimento é adaptável, fruto de algo que em algum momento foi imaginado, que foi testado, criado, brincado, que através do compartilhamento com outros, trouxe a discussão e reflexão sobre ele, para que novamente, esse conhecimento possa ser desenvolvido, transformado e encorpado, por meio da Espiral, através da necessidade, da imaginação e/ou da criação.

Em nossa pesquisa, a ideia da Espiral de Aprendizagem Criativa apresentada na Figura 7.1, foi utilizada no desenvolvimento dos robôs que utilizavam o Arduino e o Sensor Ultrassônico e, posteriormente, no desenvolvimento do robô seguidor de linha controlado pelo Arduino. Já havíamos desenvolvido o robô seguidor de linha transistorizado, uma criação, que em um primeiro momento, após a aplicação das quatro primeiras aulas, não conseguiu se adaptar Espiral de Aprendizagem Criativa. A Espiral de Aprendizagem Criativa porém, deu seu adaptar quando desenvolvemos o Robô que calculava a velocidade do som. A partir desse robô, os participantes conseguiram desenvolver outros robôs, que realizava o cálculo de distância e o robô sensor de presença. A partir da criação do Robô para Cálculo da velocidade

do som, foi possível o imaginar, o brincar, o compartilhar e o refletir, onde podemos perceber o aparecimento do ciclo da Espiral de Aprendizagem Criativa, que acabou resultando na criação do Robô medidor de distância e do Robô sensor de presença.

Após a construção dos robôs com Arduino e Sensor Ultrassônico, os estudantes perceberam que, se era possível mudar o Robô que se utilizava do Arduino e Sensor Ultrassônico, apenas modificando o Software, logo também seria possível controlar com o Arduino, o Robô seguidor de linha. Assim percebemos novamente, umas das características da Espiral, que foi o adaptar de algo já criado, após outras criações e manipulações de outros robôs desenvolvidos nas aulas 5 e 6.

Portanto entendemos que em nossa pesquisa, o acesso Espiral de Aprendizagem Criativa, foi algo que se mostrou a encaixar nos mecanismos de como os estudantes, após a aplicação de algumas aulas, se mostraram seres pensantes e criativos, a partir de suas próprias criações. Assim concluímos, que a Espiral de Aprendizagem Criativa se deu acesso, a partir do criar de alguns robôs, que levaram os participantes ao acesso a outras etapas da Espiral.

E encontramos, por meio dos escritos de Seymour Papert, a utilização da robótica como ferramenta da construção do conhecimento, no que ele chamou de Construcionismo. Nossa pesquisa apresentou proximidade ao Construcionismo de Papert ao constatar pelo método Estudo de Caso que, eles: aprenderam com o erro, tiveram prazer (afetividade) com a atividade, se engajavam, emocionalmente, socialmente e cognitivamente, e cooperaram ao compartilharem materiais, saberes e orientações.

E realizando observações e análises dos materiais recolhidos, percebemos as correlações entre o desenvolver do robô, a partir do plano de aula e planos de montagens, até ao objeto fim, a aprendizagem de Matemática e Física, como podemos verificar na Figura 6.4.

Os participantes ao realizarem a montagem do robô, desenvolviam várias habilidades, dentre elas a atenção. A atenção, é uma habilidade importante para desenvolvimento cognitivo e pessoal humano, bem como aqui, para o desenvolvimento da robótica. Quando não realizamos algo com atenção, estamos suscetíveis ao erro. Mas dentro da presente proposta apresentada pela pesquisa, observamos que o erro, também é importante e faz parte do desenvolvimento de outras habilidades. Com o erro os participantes procuraram corrigi-lo, aprofundado o seu conhecimento em detalhes pertinentes ao robô.

O aparecimento do erro, promove o engajamento social entre os participantes, que por consequência leva ao engajamento emocional e a algo marcante (experiência), como nos diria

o autor LARROSA (2002), “a experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca”.

Observa-se que o aprendizado acontece nessa perspectiva, por meio da montagem do robô, com ou sem erro. Este último, que por sua vez, promove o engajamento social entre os participantes, que leva ao engajamento emocional, promovendo o aprendizado Matemático e Físico nas entrelinhas do desenvolvimento dos robôs.

Quando os participantes não conseguem desenvolver a montagem dos robôs, o professor pode ou não interferir no processo. Se o professor optar a não interferir diretamente no processo, ele pode orientar ou dar uma direção, de como o participante pode obter a resposta, ou dar dicas de como conseguir realizar a montagem. Por outro lado, caso o professor interfira diretamente, ele pode fazer questionamentos sobre a montagem aos participantes. O ato de realizar esses questionamentos, em nossa visão, promove o engajamento cognitivo, reforçando as ideias e os aprendizados internalizados pelos participantes, ressaltando a atenção. E quando estes questionamentos resultam em alguma ideia de ação, os participantes tendem a cooperar e compartilhar seus resultados, entrando novamente no ciclo da espiral de aprendizagem criativa, proposta por Resnick (2020).

Para desencadear as ações e sentimentos, mostrados na Figura 6.4, observamos que existem alguns “gatilhos”, como podemos observar na Figura 7.2.

Figura 7.2: Engajamento e suas consequências nas aulas de robótica.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Na Figura 7.2, temos com ponto inicial, o plano de aula e os planos de montagens dos robôs. A montagem, no redireciona a duas possibilidades: ao acerto ou erro dela. Ambos os caminhos levam ao engajamento cognitivo ou comportamental/social entre os participantes, como mencionado anteriormente. Pode ocorrer o aparecimento do engajamento emocional, pelo lado positivo ou negativo. E este processo, que começa a partir de uma ideia da utilização didática, promove a aprendizagem, pelo sentido de aprendizagem da Matemática, com a mínima interferência do Professor, onde o conhecimento é desenvolvido ao manipular o objeto e não ensinado, mas reforçado pelo professor por meio do mecanismo de engajamento cognitivo.

A utilização da Robótica Pedagógica Livre, fomentando a utilização da Matemática, poderá ser uma grande aliada no Ensino Básico, pois ela nos dá a “Significação do Conhecimento”, o “porquê” e aplicação daquele conhecimento. E ao mesmo tempo abre um leque de possibilidades de estudos futuros, tanto para os participantes, que descobrem novas áreas do conhecimento, como engenharias, elétrica/eletrônica, programação, automação, ciências e artes, tanto para o professor/pesquisador, que consegue utilizar/fazer novos

métodos de aprendizagem, onde se pode aprender com os participantes, em uma troca mútua de conhecimentos.

Para trabalhos futuros, podemos utilizar do mecanismo de elaborar sequências de montagens de robôs, onde possamos trabalhar ideias Matemáticas, Físicas e até Químicas, bem como as disciplinas da *STEAM*. Isto já era defendido por PAPERT há alguns anos, em um tempo em que a tecnologia era cara e de difícil manipulação. Hoje a tecnologia é acessível, barata, possui uma gama de documentação e projetos robóticos, que podem ser compartilhados por meio da Internet. Talvez na época de PAPERT, fosse mais difícil de se desenvolver robótica.

Com os componentes presentes nos *kits* adquiridos, é possível realizar vários projetos, além dos realizados neste trabalho. Com o sensor de temperatura com NTC, por meio do modelo de equação Steinhart–Hart poderá ser criado um termômetro digital, para diversos fins, seja apenas para quantificar a temperatura ambiente, seja para um estudo mais aprofundado de temperatura de determinada localidade. Como o modelo de Steinhart-Hart envolve funções logarítmicas neperianas, talvez seu estudo se dê melhor no Ensino Médio. Outra possibilidade de trabalho com temperatura e umidade, é através do sensor DHT-11, que é um sensor que pode medir tanto a temperatura quanto a umidade relativa do ar. Em projetos anteriores, criamos um robô de controle de umidade e temperatura de um ambiente fechado, onde o sensor DHT-11 em conjunto com um *software* no Arduino realiza a leitura da temperatura e umidade, e por meio de um umidificador e um relé, controlava a temperatura e a umidade naquele ambiente fechado. Mas o uso desse sensor poderá ter diversas aplicações.

Com o Sensor de umidade de solo, pode se criar um robô para o controle de umidade para plantas, e desenvolver a partir disso modelos de utilização de água, para a economia e maximização da mesma pela(s) planta(s) para determinada cultura/lavoura irrigada.

Já com o Sensor infravermelho poderá se utilizar de um controle remoto para o controle de determinado projeto, para que ocorra seu controle presencial sem fio. Outra possibilidade poderá se criar um sistema hidropônico utilizando Arduino, utilizando controle de temperatura e acionamento de bomba d'água, com possibilidade de medição de condutividade elétrica e PH, da solução hidropônica, tornando o processo mais tecnológico e automatizado, e fazendo com que diminua os prejuízos de manejo.

Com o Driver e Motor de passo, há a possibilidade de montar um ciclo trigonométrico utilizando uma fita circular codificada e sensor magnético, de uma impressora. Uma das

propostas no projeto de pesquisa que resultou neste trabalho, era a construção de um ciclo trigonométrico eletrônico, que não pode ser feito, devido a não continuação das aulas presenciais, durante o ano de 2019.

Para trabalhos futuros, podemos, ainda, realizar a elaboração de novos robôs, através das ideias mencionadas anteriormente, entre outras que possam surgir, por meio de pesquisas e testes. O que desenvolvemos nessa pesquisa, foi possível por meio de conhecimentos e experiência com o currículo matemático do ensino básico, aliado a busca de brincar com a robótica. Talvez o trabalho com uma turma maior ou um trabalho de longo prazo, possa mostrar outros benefícios da Robótica Pedagógica Livre, para aprendizagem e para o desenvolver da sociedade como um todo.

Levando em consideração a pesquisa aplicada, o interesse, ganhos e benefícios que os estudantes possam obter, os dirigentes da instituição, resolveram montar um laboratório de robótica. Durante o planejamento anual da instituição, foram mostrados os benefícios, como a robótica pode ser uma ferramenta educacional e pôr a robótica educacional atender itens da BNCC, foi incluído o projeto de robótica educacional no plano anual da instituição de 2019, que viria a ser desenvolvido no decorrer do ano de 2020. Foi feito uma lista de materiais necessários para a implementação de um laboratório de Robótica, com a finalidade de desenvolver inicial da Robótica Pedagógica Livre na instituição. Pelo momento delicado e de distanciamento social, não havendo aulas presenciais, e dificuldade de aquisição de equipamentos informáticos, causados pela pandemia de COVID – 19, ainda não foi montado o laboratório.

Desenvolver esse trabalho foi um grande desafio e experiência de vida. Quando digo desafio, pois mal tínhamos computadores disponíveis na instituição onde fora desenvolvida a pesquisa. Tínhamos uma sala com uma única tomada para alimentar os computadores, que frequentemente tínhamos que compartilhar com outro grupo de estudantes, que não faziam parte do grupo de pesquisa, mas que ficavam curiosos e tinham vontade de participar. E quando essa sala estava ocupada, tínhamos que utilizar uma outra, quando esta mesma, não estivesse ocupada. Outro desafio foi a elaboração das sequências de ensino, onde adaptamos os conhecimentos utilizados dentro da robótica e automação, com os conteúdos exigidos pelo Currículo de Ensino, já que encontramos muito poucos projetos com esse fim dentro da Literatura. Quando digo experiência de vida, pois não havia imaginado que algo que já trabalhava anteriormente, poderia ser aplicado no desenvolver da educação. E foi uma grande

soma de conhecimentos que se convergiram para um único ponto. Gosto pessoais como eletrônica, que era apenas um hobby, a utilização dos sistemas *Linux*, que se tornou um Filosofia pela Liberdade de escolha, pela indicação do Professor Messias, quando ainda cursava a graduação, que também se tornou tema de pesquisa do trabalho de conclusão de curso da graduação; programação, que utilizava também como *hobby*, e a própria paixão pela Matemática e Ciências, isso tudo convergiu para um único ponto, que hoje posso definir como Robótica Pedagógica Livre.

## 8. REFERÊNCIAS

### A

ACKERMANN, E. **Piaget’s Constructivism, Papert’s Constructionism: What’s the difference?” Constructivism: Uses and perspectives in Education**, Vol. 1 & 2. Conference Proceedings. Geneva: Research Center in Education. 2001. Disponível em:

[http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20 %20Papert.pdf](http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20%20Papert.pdf), Acesso em: 10 de Julho de 2020.

ALBUQUERQUE, David et al. **Uma Experiência do Uso Do Hardware Livre Arduino no Ensino De Programação De Computadores**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE 2016), Anais do XXII Workshop de Informática na Escola (WIE 2016), Manaus. **Anais**. Manaus: Ifam, 2016. p. 51 – 60. Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/wie/article/download/6602/4513>. Acesso em: 21 jan. 2020.

ALVES, Deive Barbosa. **Modelagem matemática no contexto da cultura digital: uma perspectiva de educar pela pesquisa no curso de técnico em meio ambiente integrado ao ensino médio**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

ALIEXPRESS (China). **Super Starter Kit per Arduino UNO R3**. 2020. Disponível em: <https://it.aliexpress.com/item/33051804103.html>. Acesso em: 17 mar. 2021.

AMAZON. **RODIZIO POLIETILENO 40MM GIR 20KG**. 1 de Set. De 2020. 1 Imagem. Disponível em: [https://encrypted-tbn2.gstatic.com/shopping?q=tbn:ANd9GcRrtjibulvT3xsMSgN1OS3pxyu\\_vCDPPEltyKLez1bQTgELUKocXKmJa5j\\_37TBAhbmdVnv0SRL&usqp=CAE](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/shopping?q=tbn:ANd9GcRrtjibulvT3xsMSgN1OS3pxyu_vCDPPEltyKLez1bQTgELUKocXKmJa5j_37TBAhbmdVnv0SRL&usqp=CAE). Acesso em: 13 de Jan. de 2021.

ARDUINO. **Software | Arduino**. 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 26 maio 2020.

ARDUINO. **Store**. 2021a. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ARDUINO (Usa). **What is Arduino?** 2021b. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ASSOCIATION, Open Source Hardware. **Definição de Open Source Hardware (OSHW) 1.0**. Disponível em: <https://www.oshwa.org/definition/portuguese/>. Acesso em: 29 jan. 2020.

### B

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros Passos com o Arduino**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. 240 p.

BARBOSA, Fernando da Costa. **Rede de aprendizagem em robótica: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens**. 2016. 366 f. Tese (Doutorado em Educação) -

Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base**, 2018a. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 25 de Agosto de 2019.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, LDB. 9394/1996. Brasília, 20 de Dezembro de 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 23 de Março de 2021.

BRASIL ESCOLA. **O que são resistores?** 2021. Disponível em: <https://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-resistores.htm>. Acesso em: 17 mar. 2021.

## C

CASAVELLA, Eduardo. **Funções em C**. 2019. Disponível em: <http://linguagemc.com.br/funcoes-em-c/>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CÉSAR, Danilo Rodrigues. **ROBÓTICA PEDAGÓGICA LIVRE: UMA ALTERNATIVA METODOLÓGICA PARA A EMANCIPAÇÃO SOCIODIGITAL E A DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**. 2013. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Difusão do Conhecimento, Laboratório Nacional de Computação Científica – Lnc/mct, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CÉSAR, Danilo Rodrigues. **Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no Cet CEFET em Itabirito – Minas Gerais – Brasil. ANAIS DO XXVII CONGRESSO DA SBC, 2007**. Porto Alegre: SBC, 2007. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/download/953/939>. Acesso em: 09 set. 2019.

CÉSAR, Danilo Rodrigues. MILL, Daniel. **Robótica pedagógica livre: sobre inclusão sócio-digital e democratização do conhecimento**. PERSPECTIVA, Florianópolis, v. 27, n. 1, 217-248, jan./jun. 2009.

CURY, Thiago Espindola; HIRSCHMANN, Daniela Rohan. **ENSINO DE MATEMÁTICA ATRAVÉS DO ARDUINO: Porque a placa eletrônica Arduino deve ser inserida no contexto Escolar das aulas de Matemática**. 2014. Disponível em: <http://www.thiagocury.eti.br/arquivos/artigo-arduinoxmaticav1.8.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

## E

ELETRÔNICA, Paulo Brites. **Os resistores de cinco e seis faixas**. 25 de Abril de 2016. 1 Imagem. Disponível em: <https://www.paulobrites.com.br/wp-content/uploads/2016/04/5-faixas-min-300x144.jpg>. Acesso em 25 de Set. de 2019.

## F

FERREIRA, Aurino Lima; ACIOLY-RÉGNIER, Nadja Maria. Contribuições de Henri Wallon à relação cognição e afetividade na educação. **Educar em Revista**, [S.L.], n. 36, p. 21-38, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40602010000100003>.

FOUNDATION, Free Software. **O que é software livre?** 2019a. Disponível em: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. Acesso em: 15 maio 2020.

FOUNDATION, Free Software. **Software Livre e Educação: como o software livre está relacionado à educação?**. 2019b. Disponível em: <https://www.gnu.org/education/education.pt-br.html>. Acesso em: 22 maio 2020.

FREDRICKS, Jennifer A.; BLUMENFELD, Phyllis C.; PARIS, Alison H.. School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. **Review Of Educational Research**, Spring, v. 74, n. 1, p. 59-109, jun. 2004. Disponível em: <https://www.isbe.net/documents/engagement-concept.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2020.

FREIRE, Paulo. **Educação com prática da Liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967. 150 p.

FREIRE, Paulo (Ed.). **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. 107 p. (23ª impres).

## G

GIBBS, Graham: (2009). **Análise de dados qualitativos**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre/BR: Artmed. ISBN 978-85-363-2055-7. (Coleção “Pesquisa Qualitativa”) [Obra original: Analyzing qualitative data, Sage Publications Of London, 2008, ISBN 978-0-7619-4980-0].

GOIÁS. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás: Versão Experimental**. Secretaria de Educação, 2014. Disponível em: <http://www.seduc.go.gov.br/imprensa/documentos/arquivos/Curr%C3%Adculo%20Refer%C3%Aancia/Curr%C3%Adculo%20Refer%C3%Aancia%20da%20Rede%20Estadual%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Goi%C3%A1s!.pdf>. Acesso em: 27 Março 2020.

**H**

HELME, Sue; CLARKE, David. Identifying cognitive engagement in the mathematics classroom. **Mathematics Education Research Journal**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 133-153, set. 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf03217103>.

HORIZON EDUCATIONAL (Los Angeles). **Horizon Energy Box**. 2021. Disponível em: <https://www.horizoneducational.com/horizon-energy-box/p1215>. Acesso em: 17 mar. 2021.

**K**

KIM, Chanmin et al. Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, [S.L.], v. 91, p. 14-31, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131515300257?via%3Dihub>. Acesso em: 30 nov. 2020.

**L**

LARROSA, Jorge. Notas sobre a experiência e o saber deexperiência. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 20-28, fev. 2002. Quadrimestral. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n19/n19a02.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

LEGO EDUCATION (São Paulo). **Compre Produtos LEGO Education pelo site**. 2020. Disponível em: <https://legoeducationstore.mcassab.com.br/?ProductLinkNotFound=lego-education-ensinofundamental-ii-mindstorms-ev3>. Acesso em: 17 mar. 2021.

LIMITED, Shenzhen Xunlong Software CO. **What's Orange Pi Pc Plus?** 2020. Disponível em: <http://www.orangepi.org/orangepipcplus/>. Acesso em: 24 jan. 2020.

LIVRE Saber S01E04. **Realização de Sandro Brasileiro**. Foz do Iguaçu: Tv Espírito Livre, 2013. (~9 min.), Mídia Digital de Internet, son., color. Série 01. Disponível em: <https://youtu.be/laaR0c1ofVo>. Acesso em: 30 jan. 2020.

LUCIANO, Ana Paula Giacomassi. **A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL COM A PLATAFORMA ARDUINO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA**. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós- Graduação em Educação Para A Ciência e A Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

LUPION TORRES, Patrícia; ALCANTARA, Paulo; FREITAS IRALA., Esrom Adriano. GRUPOS DE CONSENSO: UMA PROPOSTA DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM. **Revista Diálogo Educacional**, [S.L.], v. 4, n. 13, p. 129-145, jul. 2004. ISSN 1981-416X. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/7052/6932>. Acesso em: 09 dez. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.7213/rde.v4i13.7052>.

## M

MERCADO LIVRE. **Conjunto tracionador de papel HP C4600 Series**. 2019. 1 Fotografia. Disponível em: [https://mlb-s1-p.mlstatic.com/832164-MLB26601662169\\_012018-F.webp](https://mlb-s1-p.mlstatic.com/832164-MLB26601662169_012018-F.webp). Acesso em: 26 set. 2019.

MICHAELIS (Brasil). Robô. 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=rob%C3%B4>. Acesso em: 16 mar. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos – Periódico do Mestrado em Educação da Ucdb.**, Campo Grande – Ms, v. 21, n. 1, p. 15-32, 11 abr. 2006. Disponível em: <https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/289/142>. Acesso em: 30 nov. 2020.

MOYSÉS, Lucia. **Aplicações de Vygotsky à educação matemática**. 11. ed. Campinas: Papirus, 2012. 176 p.

## O

ORANGE PI (China). **What's Orange Pi Pc Plus ?**. 2016. Disponível em: <http://www.orangepi.org/orangepipcplus/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

## P

PAPERT, Seymour. **¿Cómo pensar sobre tecnología y aprendizaje? Una llamada al diálogo**. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, [en línea], 2005, Núm. 1. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/DIM/article/view/56096>. Acesso em: 08 de jan. 2021.

PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. New York: Artmed, 2008. Disponível em: <https://learn.media.mit.edu/lcl/resources/readings/Instrucionismo-x-construcionismo.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2021.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms**. 1<sup>st</sup> Edition. Basics Books. 1980.

## R

RAMALHO, Francisco Ramalho Júnior; NICOLAU, Nicolau Gilberto Ferraro; TOLEDO, Paulo Antônio de Toledo Soares. **FÍSICA 2 Os Fundamentos da FÍSICA**. 10. ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 2015.

RASPBERRY PI (Reino Unido). **Raspberry Pi 4**. 2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

RESNICK, Mitchel. **Jardim de infância para a vida toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos**; tradução: Mariana Casetto Cruz, Lívia Rulli Sobral; revisão técnica: Carolina Rodeghiero, Leo Burd. Porto Alegre. Penso, 2020.

## S

SILÍCIO, Portal Vida de. **Driver motor com Ponte H L298N – Controlando o Motor DC com Arduino.** 1 de Set. De 2017. 1 Imagem. Disponível em:

<https://i2.wp.com/portal.vidadesilicio.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Ponte-H-2.png>

acesso 30 de Agosto de 2019.

SILVA, Fábio Anderson de Assumpção. **Utilizando o Arduino como atividade aberta de investigação e experimentação matemática para o ensino de conceitos de matrizes.**

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, 2017. São Paulo: 2017. 161 f.

SILVA, Ronaldo da. **Criação de um plano de razões e um teodolito com o uso do arduino: uma proposta para o ensino de razões trigonométricas no triângulo retângulo.** UFRRJ. 2019.

SILVA, I. O. *et al.* Educação Científica empregando o método STEAM e ummakerspace a partir de uma aula-passeio. **Latin American Journal Of Science Education.** Ciudad de México, p. 1-9. 03 out. 2017b. Disponível em: [http://lajse.org/nov17/22034\\_Silva\\_2017.pdf](http://lajse.org/nov17/22034_Silva_2017.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

SINOVOIP (China). **Banana PI M5: company bio.** Company Bio. 2018. Disponível em: <http://www.banana-pi.org/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

SQUIDS. **Tabela de Resistores.** 02 de Fevereiro de 2017. 1 Fotografia. Disponível em: Arquivo de imagem em dados. Link. Acesso em: 24 de Set. de 2019.

STALLMAN, Richard M.. **Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman.** Boston: Gnu Press, 2002. 230 p. Disponível em:

<https://www.gnu.org/philosophy/fsfs/rms-essays.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

## T

TINKERCAD. 2019. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 29 set. 2019.

THOMSEN, Adilson. **Como conectar o Sensor Ultrassônico HC-SR04 ao Arduino.** 2011. Disponível em: [https://uploads.filipeflop.com/2011/07/HC\\_SR04\\_Trigger\\_Echo.jpg](https://uploads.filipeflop.com/2011/07/HC_SR04_Trigger_Echo.jpg). Acesso em: 30 set. 2019.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: O Positivismo, a fenomenologia e o Marxismo.** São Paulo: Atlas, 1987.

TRON (Piauí). **Tron Robotica Educativa. A Robótica Educacional no mundo.** Robótica Livre, Teresina, v. 3, n. 2, p.21-23, Mai 2018. Disponível em:

[https://tron-edu.com/roboticalivre/revista\\_robotica\\_livre\\_3-edicao.pdf](https://tron-edu.com/roboticalivre/revista_robotica_livre_3-edicao.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

**U**

UNESCO (Org.). **Tecnologias para a transformação da educação: Experiências de sucesso e Expectativas**. 2014. Disponível em: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz\\_ci\\_preliminar\\_doc\\_tecnologias\\_transformacao\\_educacao.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_ci_preliminar_doc_tecnologias_transformacao_educacao.pdf). Acesso em: 31 jan. 2020.

**W**

WERTHEIN, J. A sociedade da informação e seus desafios. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 71-77, maio/ago. 2000.

WING, Jeannette M. **Computational Thinking: What and Why?** Novembro de 2010.

WSKITS (São Paulo). **LEGO Ev3, KiT dE RObÓtICA, CiÊncIAS, bRinQUEdo iNtELIGEntE e mUito MaIS!** 2021. Disponível em: <https://www.wskits.com.br/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

**Y**

YIN, Robert K.. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## 9. APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES

### 9.1 – 1º QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES DO PROJETO

Estudante: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

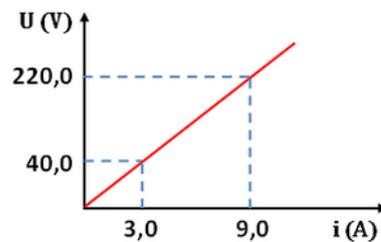
Data: \_\_/\_\_/\_\_

A Lei de Ohm

A Lei de Ohm relaciona a Voltagem  $U$ , com a resistência  $R$  e a corrente elétrica  $I$ , através de uma função de 1º Grau Linear, tal que:

$$U = R \cdot i$$

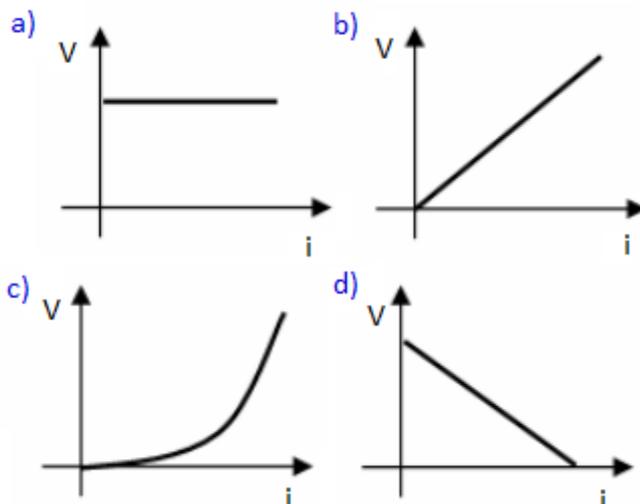
1 – O gráfico a seguir representa a curva característica de um resistor ôhmico.



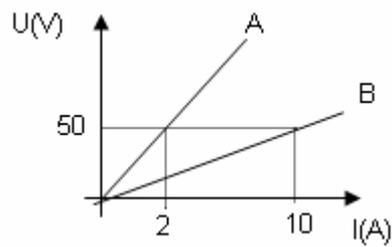
Determine:

- A resistência elétrica do resistor;
- A equação característica do resistor;
- A tensão quando o resistor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $5,0 \text{ A}$ ;
- A intensidade da corrente elétrica quando o resistor é submetido a uma tensão de  $180 \text{ V}$ .

2 - (UNIUBE) Diferentes intensidades de diferença de potencial são aplicadas entre as bordas de um fio de material que obedece à lei de Ohm. Para cada potencial aplicado é medida a corrente que passa pelo fio. Assinale o gráfico que representa este experimento.



3 – No gráfico abaixo,  $U$  é a d.d.p. aplicada a dois resistores (A e B) e  $I$  é a corrente elétrica que os atravessa.



- estes resistores são ôhmicos? Explique.
- qual o valor da resistência do resistor A?
- qual o valor da resistência do resistor B?

Questionário Aula Lei de Ohm

1 – Você conseguiu entender como se comportar um Resistor Ôhmico?

2 – Qual a função de um resistor Ôhmico?

3 – Você conseguiu encontrar alguma relação entre o resistor, a corrente elétrica e a voltagem, com a matemática?

4 – Qual conteúdo de Matemática, você acha que, está diretamente relacionada a Lei de Ohm?

5 – Qual a importância da Matemática nessa aplicação?

6 – O que você acha que daria para criar com essa Lei?

7 – O que gostaria de construir/aprender?

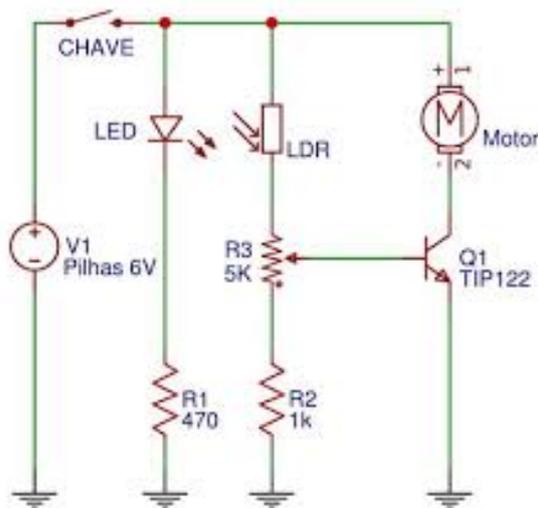
## 9.2 – 2º QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES.

Estudante: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Para que possamos controlar os motores, usaremos o seguinte esquema, onde o motor será acionado caso o *LDR* diminua sua resistência, ou seja, quando capta luz, fazendo o motor funcionar.



Para que controlemos os dois motores usaremos dois esquemas como o acima.

1 – Como o esquema acima funciona?

2 – Se o *LED* não funcionar, o que ocorre?

3 – o que acontece se não colocarmos o resistor entre o *LED* e o terra? Se conectarmos o *LED* direto, sem resistor, o que acontecerá?

4 – O que acontece, matematicamente no Transistor TIP 122?

5 – O que acontece se girarmos o potenciômetro no sentido anti-horário? E no sentido horário?

6 – O que ocorre se taparmos o *LDR*, para não incidir luz?

7 – O que você vê de matemática no esquema?

8 – Conte, o que você achou e um pouco de sua experiência?

9 – O que gostaria de fazer/construir?

## 9.3 – RESPOSTAS OBTIDAS NO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

Estudante: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

A Lei de Ohm

A Lei de Ohm relaciona a Voltagem  $U$ , com a resistência  $R$  e a corrente elétrica  $I$ , através de uma função de 1º Grau Linear, tal que:  
 $U = R \cdot i$

1 - O gráfico a seguir representa a curva característica de um resistor ôhmico.

Determine:

a) A resistência elétrica do resistor;  $13,3$

b) A equação característica do resistor:  $U = R \cdot I$

c) A tensão quando o resistor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 5,0 A;  $66,5$

d) A intensidade da corrente elétrica quando o resistor é submetido a uma tensão de 180 V;  $13,3$

2 - (UNIUBE) Diferentes intensidades de diferença de potencial são aplicadas entre as bordas de um fio de material que obedece a lei de Ohm. Para cada potencial aplicado é medida a corrente que passa pelo fio. Assinale o gráfico que representa este experimento.

a)

b)

c)

d)

3 - No gráfico abaixo,  $U$  é a d.d.p. aplicada a dois resistores (A e B) e  $I$  é a corrente elétrica que os atravessa.

a) estes resistores são ôhmicos? Explique. *Sim, pois são funções lineares*

b) qual o valor da resistência do resistor A?  $25 \Omega$

c) qual o valor da resistência do resistor B?  $5 \Omega$

Respostas fornecidas pelo participante Sombra.

## Questionário Aula Lei de Ohm

1 – Você conseguiu entender como se comportar um Resistor Ôhmico?

~~Sim~~ . Sim.

2 – Qual a função de um resistor Ôhmico?

Controla a passagem de corrente elétrica

3 – Você conseguiu encontrar alguma relação entre o resistor, a corrente elétrica e a voltagem, com a matemática?

Sim

4 – Qual conteúdo de Matemática, você acha que, está diretamente relacionada a Lei de Ohm?

Equação, Gráfico.

5 – Qual a importância da Matemática nessa aplicação?

Para descobrir a resistência

6 – O que você acha que daria para criar com essa Lei?

Força

7 – O que gostaria de construir/aprender?

Um Robô

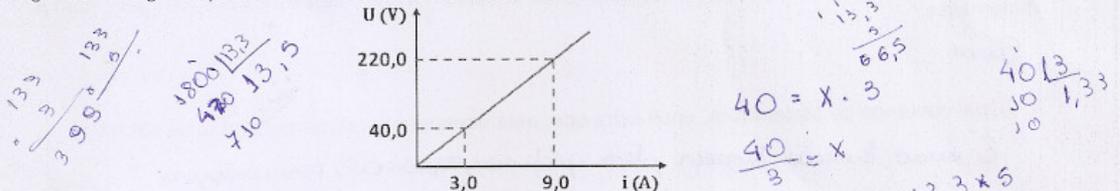
Estudante: Geomelli Série: 9° B Data: 01/11/19

A Lei de Ohm

A Lei de Ohm relaciona a Voltagem U, com a resistência R e a corrente elétrica I, através de uma função de 1º Grau Linear, tal que:

$$U = R \cdot i$$

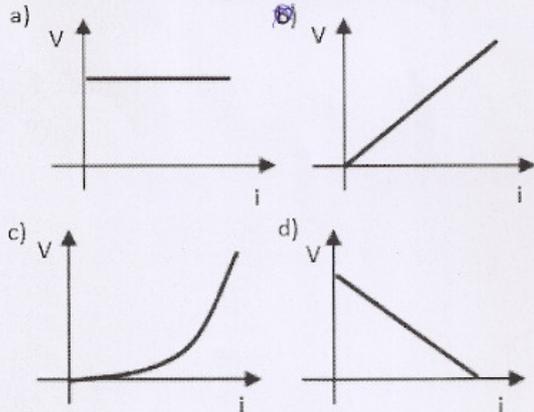
1 - O gráfico a seguir representa a curva característica de um resistor ôhmico.



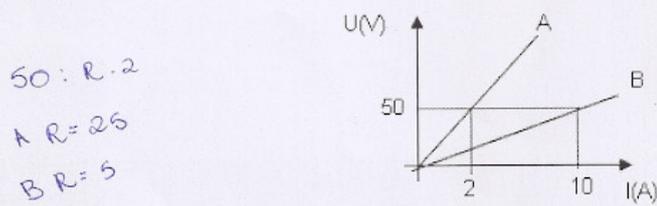
Determine:

- a) A resistência elétrica do resistor;  $R = 13,33 \dots$
- b) A equação característica do resistor:  $40 = 13,33 \cdot i$
- c) A tensão quando o resistor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 5,0 A;  $x = 66,5$
- d) A intensidade da corrente elétrica quando o resistor é submetido a uma tensão de 180 V.  $x \approx 13,5$

2 - (UNIUBE) Diferentes intensidades de diferença de potencial são aplicadas entre as bordas de um fio de material que obedece a lei de Ohm. Para cada potencial aplicado é medida a corrente que passa pelo fio. Assinale o gráfico que representa este experimento.



3 - No gráfico abaixo, U é a d.d.p. aplicada a dois resistores (A e B) e I é a corrente elétrica que os atravessa.



- a) estes resistores são ôhmicos? Explique. *Sim, porque os gráficos seguem uma reta linear*
- b) qual o valor da resistência do resistor A?  $R = 25$
- c) qual o valor da resistência do resistor B?  $R = 5$

## Questionário Aula Lei de Ohm

1 – Você conseguiu entender como se comporta um Resistor Ôhmico?

Sim

2 – Qual a função de um resistor Ôhmico?

Controlar uma corrente elétrica

3 – Você conseguiu encontrar alguma relação entre o resistor, a corrente elétrica e a voltagem, com a matemática?

Sim

4 – Qual conteúdo de Matemática, você acha que, está diretamente relacionada a Lei de Ohm?

É uma função linear, tem gráficos, equações, porcentagem

5 – Qual a importância da Matemática nessa aplicação?

É importante, para descobrir o valor da resistência que circuitos usam

6 – O que você acha que daria para criar com essa Lei?

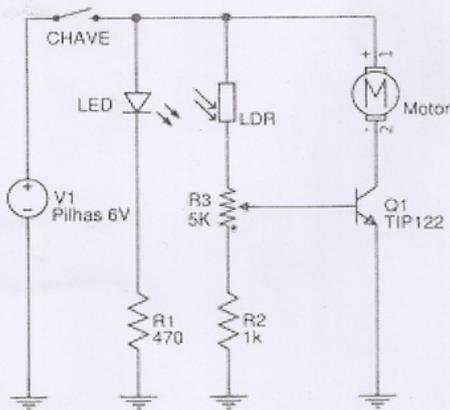
Criar faróis, correntes elétricas capazes de ligar como luz, fazer

7 – O que gostaria de construir/aprender?

Um circuito seguindo de linha

## 9.4 – RESPOSTAS OBTIDAS NO SEGUNDO QUESTIONÁRIO

Para que possamos controlar os motores, usaremos o seguinte esquema, onde o motor será acionado caso o LDR diminua sua resistência, ou seja, quando capta luz, fazendo o motor funcionar.



Para que controlemos os dois motores usaremos dois esquemas como o acima.

1 - Como o esquema acima funciona?

*O potenciômetro regula a energia que é passada para o motor por meio do LDR*

2 - Se o LED não funcionar, o que ocorre?

*O motor não funciona*

3 - o que acontece se não colocarmos o resistor entre o LED e o terra? Se conectarmos o LED direto, sem resistor, o que acontecerá?

*Ele não ~~liga~~ ligará - queima*

4 - O que acontece, matematicamente no Transistor TIP 122?

*Quando abre a porta do transistor para mais carga.*

5 - O que acontece se girarmos o potenciômetro no sentido anti-horário? E no sentido horário?

*Diminui a carga, aumenta a carga, respectivamente.*

6 - O que ocorre se taparmos o LDR, para não incidir luz?

*Passa mais energia e consome mais*

7 - O que você vê de matemática no esquema?

*Quantidade de energia passada*

8 - Conte, o que você achou e um pouco de sua experiência?

*Foi bem rápido, o meu funcionou e usei uma protoboard maior*

9 - O que gostaria de fazer/construir?

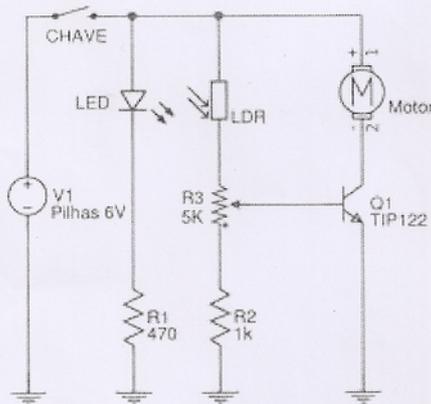
*Uma máquina de...*

Estudante: \_\_\_\_\_

Série: 9<sup>o</sup>

Data: 13/\_\_\_/\_\_\_

Para que possamos controlar os motores, usaremos o seguinte esquema, onde o motor será acionado caso o LDR diminua sua resistência, ou seja, quando capta luz, fazendo o motor funcionar.



Para que controlemos os dois motores usaremos dois esquemas como o acima.

1 - Como o esquema acima funciona?

Um motor que liga dependendo da quantidade de luz transmitida. Sua velocidade pode ser controlada.

2 - Se o LED não funcionar, o que ocorre?

Diminui a velocidade que o motor gira.

3 - o que acontece se não colocarmos o resistor entre o LED e o terra? Se conectarmos o LED direto, sem resistor, o que acontecerá?

O led vai queimar.

4 - O que acontece, matematicamente no Transistor TIP 122?

Dependendo da velocidade do corrente elétrica ele pode acelerar ou desacelerar o motor.

5 - O que acontece se girarmos o potenciômetro no sentido anti-horário? E no sentido horário?

Ele diminui e aumenta a velocidade.

6 - O que ocorre se taparmos o LDR, para não incidir luz?

O motor irá girar mais rápido.

7 - O que você vê de matemática no esquema?

A corrente elétrica que passa, e resistores e a voltagem.

8 - Conte, o que você achou e um pouco de sua experiência?

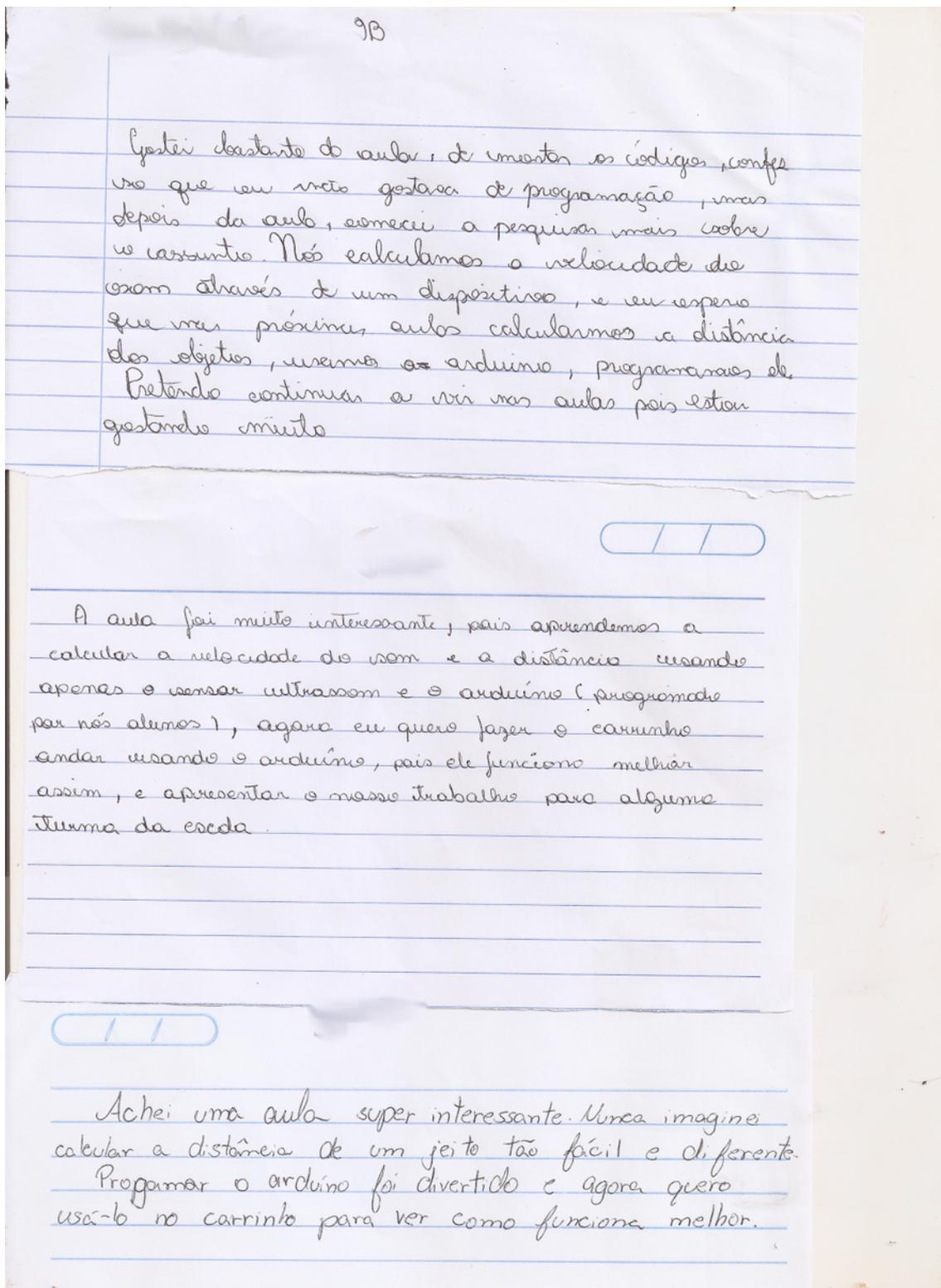
Super interessante, ver como o sistema funciona, construindo desde o zero, foi top.

9 - O que gostaria de fazer/construir?

Colocar o caminho para seguir a linha.

Resposta de Geanelli e Luz.

## 9.5 – RELATÓRIO DA AULA DE SENSOR DE RÉ E CÁLCULO DA VELOCIDADE DO SOM



## 10. APÊNDICE B – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS COM OS PARTICIPANTES

### 10.1 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 1ª AULA: MORRINHOS, 20 DE NOVEMBRO DE 2019.

#### 10.1.1 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:

Professor: O que você percebeu de matemática no Projeto?  
 Sombra: Gráficos, equações.  
 Professor: E a Lei de Ohm?  
 Sombra:  $U = R.i$ .  
 Professor: O que você percebeu para que serve a Lei de Ohm?  
 Sombra: Para descobrir a resistência.  
 Professor: Mas, para que descobrir essa resistência?  
 Sombra: Para saber o quanto ligar.  
 Professor: Para que?  
 Sombra: Para não queimar o *LED*.  
 Professor: Tem diferença com a aula normal que a gente faz?  
 Sombra: Não sei, É diferente. Tem prática, não é só teoria igual na sala.

#### 10.1.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:

Professor: Gostou da Aula?  
 Geanelli: Sim.  
 Professor: O que você mais gostou?  
 Geanelli: DE usar a *Protoboard*.  
 Professor: Conseguiu enxergar a Matemática ali?  
 Geanelli: Sim!  
 Professor: O que você percebeu?  
 Geanelli: Temos que fazer cálculos para, descobrir a resistência, na Lei de Ohm. Vimos gráficos e resistores.  
 Professor: O que você viu sobre a Lei de Ohm, o que você percebeu, o que você mais aprendeu sobre a Lei de Ohm?  
 Geanelli: Que essa Lei é importante para descobrir a resistência e podemos usar para ligar algo sem queimar.  
 Professor: Tem diferença com a aula normal que a gente faz na sala de aula?  
 Geanelli: Tem muita. Nós usamos os equipamentos, e é bem mais interessante. Usar a energia.

## 10.2 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 2ª AULA: MORRINHOS, 25 DE NOVEMBRO DE 2019.

### 10.2.1 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:

Professor: O que, que nós fizemos hoje?  
 Sombra: Éh, a gente aprender a mexer com Arduino. E a configurar o Arduino.  
 Professor: O que nós montamos hoje?  
 Sombra: Montamos uma placa, não lembro o nome, usando o Arduino para ligar um ventiladorzinho.  
 Professor: O que o Arduino fez, em si?  
 Sombra: A configuração.  
 Professor: O que ele ligou lá?  
 Sombra: O transistor.  
 Professor: E o transistor ligou o quê lá?  
 Sombra: O ventiladorzinho.  
 Professor: Você viu alguma coisa de Matemática ali, ou não?  
 Sombra: Não, kkkk(risos).  
 Professor: Gostou de fazer a montagem do circuito?  
 Sombra: Sim.

### 10.2.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:

Professor: Conseguiu entender como funciona o, “negócio” (esquema montado)?  
 Geanelli: Sim, nós aprendemos como funciona o transistor, para ligar o ventilador, o motor na verdade, usando o Arduino.  
 Professor: O que você percebeu que o Arduino faz ali?  
 Geanelli: Ele controla aaa, quando ela manda energia e corta também, de acordo com que você programa lá.  
 Professor: Você conseguiu encontrar uma relação Matemática ali?  
 Geanelli: Éhh, nós vamos primeiro fazer a resis..(incompreensível por ruído no áudio), o resistor para descobrir, quantos a corrente, para não queimar...O potenciômetro e também, mexer com números para ver quanto tempo fica ligado, quanto tempo fica desligado.  
 Professor: Gostou?  
 Geanelli: Muito!!!  
 Professor: O que gostaria de construir?  
 Geanelli: O carrinho.  
 Professor: Próxima aula, com o conhecimento que nós já temos, nós conseguiremos montar os motores do carrinho.

### 10.2.3 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:

Professor: O que você compreendeu/entendeu da aula?  
 Harry Potterson: Eu entendi que a gente ligou, usou transistor, e usou o Arduino, a gente programou para ligar um motor durante certo tempo, e depois para desligar por um certo tempo.  
 Professor: Você conseguiu enxergar a Matemática ali?  
 Harry Potterson: Não.

Professor: Gostou de fazer a montagem?  
 Harry Potterson: Sim  
 Professor: O que você gostaria de fazer/construir nas próximas aulas?  
 Harry Potterson: (Sem resposta)... Terminar de construir o carrinho.

### 10.3 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 3ª AULA: MORRINHOS, 27 DE NOVEMBRO DE 2019.

#### 10.3.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:

Professor: Harry Potterson, o que nós fizemos hoje?  
 Harry Potterson: Hoje a gente montou, éhhh, montou o motor do carrinho e fizemos esse trabalho em dupla, e gostei bastante.  
 Professor: Conseguiu achar a Matemática ali?  
 Harry Potterson: consegui!  
 Professor: Onde?  
 Harry Potterson: Para calcular um negócio ali.

#### 10.3.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:

Professor: Geanelli, o que aprendemos hoje?  
 Geanelli: A gente fez o motor do carrinho funcionar, usando a *Protoboard*, os resistores, o transistor, o *LED* e a *LDR*, e colocamos ele no carrinho e fizemos o carrinho andar.  
 Professor: Ele andou na linha?  
 Geanelli: Não porque a gente ainda não, colocou o *LED* e a *LDR* no lugar certo, para ele seguir a linha.  
 Professor: Conseguiu enxergar a Matemática ali ou não/  
 Geanelli: (Risos envergonhado).  
 Professor: Mas tem ou não?  
 Geanelli: Tem!

#### 10.3.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:

Professor: Olá Luz, o que nós aprendemos hoje?  
 Luz: A gente aprendeu a fazer um motor e um carro que dirige sozinho!  
 Professor: Você conseguiu enxergar a Matemática ali ou não?  
 Luz: Sim, porque tem toda a energia e passar de um fio para outro.

#### 10.3.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:

Professor: Olá Sombra. O que fizemos hoje?  
 Sombra: Ligamos o carrinho, usando a *Protoboard*.  
 Professor: O que usamos lá?  
 Sombra: Transistor, resistor, é, o reguladorzinho lá, que também é resistor, e o outro sensorzinho lá.

Professor: Ligou o que, que você ligou?  
 Sombra: A gente ligou o *LED*, na *Protoboard* e o motor do carrinho.  
 Professor: O que acontece se você girar o resistor variável?  
 Sombra: Diminui a força.  
 Professor: Ou?  
 Sombra: A potência.  
 Professor: É possível enxergar a Matemática Ali?  
 Sombra: Matemática ali?  
 Professor: É!  
 Sombra: Só na questão de medir, a resistência do resistor.

## 10.4 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 4ª AULA: MORRINHOS, 30 DE NOVEMBRO DE 2019.

### 10.4.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:

Professor: Gostou de fazer o negócio?  
 Harry Potterson: Achei bem legal, bem interessante, por causa do *LDR* com *LED*, achei interessante como funciona.  
 Professor: Conseguiu enxergar a Matemática ali?  
 Harry Potterson: Consegui, para calcular a corrente elétrica.  
 Professor: O que faz esse carrinho?  
 Harry Potterson: Quando ele vê o branco, ele diminui a velocidade e outro continua funcionando, onde corrigi a posição e faz a curva  
 Professor: Esse carrinho, tem alguma aplicabilidade?  
 Harry Potterson: Ganhar conhecimento.

### 10.4.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:

Professor: O que você achou?  
 Geanelli: Muito interessante, desde a primeira aula eu estava querendo fazer esse carrinho, porque eu tinha visto um vídeo dele, só que eu não conseguia fazer, antes de começar o cursinho aqui. Aí agora nós fizemos, e achei muito interessante.  
 Professor: Conseguiu enxergar a Matemática ali?  
 Geanelli: Aham, quando a gente mediu a resistência do resistor que era para ser necessário usar, a corrente elétrica passando, o negativo e positivo.  
 Professor: O que o carrinho faz?  
 Geanelli: Ele, hum. São dois lados, são dois motores. E o *LDR*, quando vê a fita branca, quando não vê a fita branca, ele acelera e quando ele vê a fita ele freia e o outro lado do motor vai virar o carrinho, ele corrige a posição dele na fita.  
 Professor: O que você gostaria de fazer?  
 Geanelli: Esse carrinho, é o que estava tentando fazer.  
 Professor: Que mais, você gostaria de fazer?  
 Geanelli: Programar algum jogo pelo Arduino.

### 10.4.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:

Professor: Luz, o que você achou?

Luz: Achei muito top, porque eu não tenho noção nenhum aquilo, estou pegando tudo do zero. E eu consegui fazer, junto com todo mundo, um carrinho andar, sozinho.

Professor: Conseguiu ver a Matemática ali?

Luz: Consegui, pois tem todas as passagens de energia, e a parte de carga negativa, positiva.

#### 10.4.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:

Professor: Gostou de fazer o projeto, o que a gente fez?

Sombra: Muito bom. A gente fez o carrinho andar, na linha de fita.

Professor: Achou “Bão”? Será que dá para ficar melhor?

Sombra: Achei. Dá, acho que se fizer com Arduino.

Professor: Conseguiu enxergar a Matemática ali?

Sombra: Só na parte da corrente elétrica.

### 10.6 – TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS DA 6ª AULA: MORRINHOS, 04 DE DEZEMBRO DE 2019.

#### 10.6.1 – Transcrição da entrevista com o participante Harry Potterson:

Professor: O que trabalhamos hoje?

Harry Potterson: Hoje calculamos a distância, com o aparelho do ultrassom. E utilizou ele para fazer um aparelho que fazia um *beep*.

Professor: O que vimos de conteúdo?

Harry Potterson: Calcular a velocidade. Converter em microssegundos.

#### 10.6.2 – Transcrição da entrevista com o participante Geanelli:

Professor: O que vimos na aula de hoje?

Geanelli: A gente calculou a distância por meio das ondas ultrassônicas. E também fizemos um sensor, que vê, a distância de um certo local e começa a apitar.

Professor: O que foi necessário para que fizéssemos todo esse trabalho? O que foi essencial.

Geanelli: Calcular a velocidade do som.

Professor: Nós sabíamos essa velocidade do som?

Geanelli: Não, a gente teve que calcular tudo, usando o Arduino e o aparelhinho, que fazia as outras coisas.

Professor: Conseguiu observar a ligação entre a Matemática e a Informática?

Geanelli: Sim. A gente teve que usar a fórmula da velocidade, para descobrir qual seria a distância do aparelho ao objeto. A gente, teve multiplicar microssegundos em segundos.

Professor: Gostou, o que gostaria de realizar para o futuro?

Geanelli: O que queria fazer, a gente fez, agora que fazer aquele programa que liga e desliga, a mangueira, em certos horários.

### 10.6.3 – Transcrição da entrevista com o participante Luz:

Professor: O que nós fizemos hoje?

Luz: A gente programou o Arduino para, e um programinha, para calcular a distância com a velocidade do som.

Professor: E depois o que fizemos?

Luz: Colocou um sensor que emiti um barulho com a aproximação.

Professor: Conseguiu observar a Matemática?

Luz: Consegui, na transformação de tempo e multiplicação cruzada.

Professor: O que você acha que foi essencial para que pudéssemos montar esse projeto?

Luz: Saber qual que é a velocidade aproximada do som.

Professor: Através de qual equação Matemática que nós trabalhamos na sala de aula?

Luz: Através da equação distância, é, igual velocidade vezes o tempo.

### 10.6.4 – Transcrição da entrevista com o participante Sombra:

Professor: O que nós trabalhamos hoje?

Sombra: A gente fez o bagulho com o *beep* do som.

Professor: O que aprendemos a fazer ali?

Sombra: Usar, eu não sei o nome, Arduino, para descobrir a velocidade do som.

Professor: O que você achou mais legal?

Sombra: Programar o Arduino.

Professor: Foi fácil em segundos, microssegundos, distância para passar para metros?

Sombra: Nem tanto. Um pouquinho. Depois que você sabe. Até chegar lá é difícil. Mas depois que você sabe é fácil.

Professor: O que você gostaria?

Sombra: Um carrinho com Arduino.

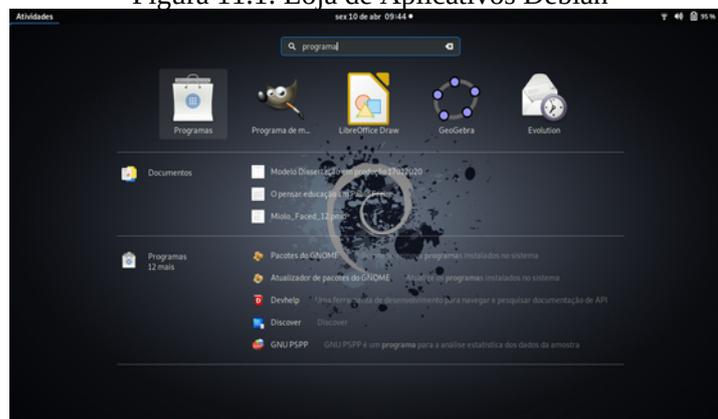
## 11. APÊNDICE C – INSTALANDO O IDE ARDUINO

### 11.1 INSTALANDO IDE ARDUINO EM SISTEMAS DEBIAN LIKE<sup>41</sup>

#### 11.1.1 Pela loja de aplicativos

No ambiente de trabalho buscamos por: Programas. No Ubuntu, se chama Ubuntu Software.

Figura 11.1: Loja de Aplicativos Debian

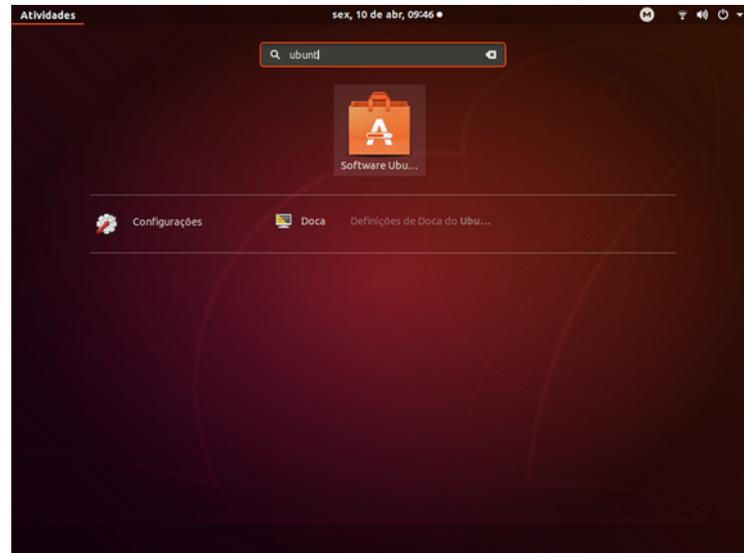


Fonte: Arquivo Pessoal.

---

41 Sistemas Debian Like, são sistemas operacionais derivados do Debian, como Kali *Linux*, Tails, Ubuntu, bem como a falecida distribuição brasileira Kurumin.

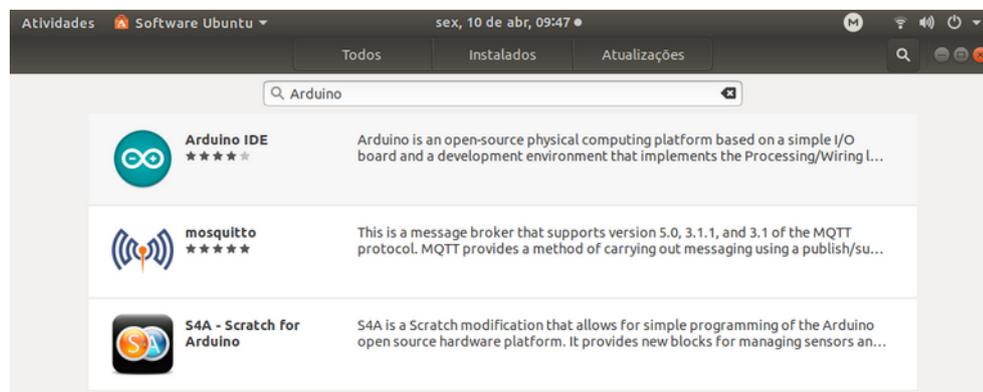
Figura 11.2: Loja de Aplicativos do Ubuntu



Fonte: Arquivo Pessoal

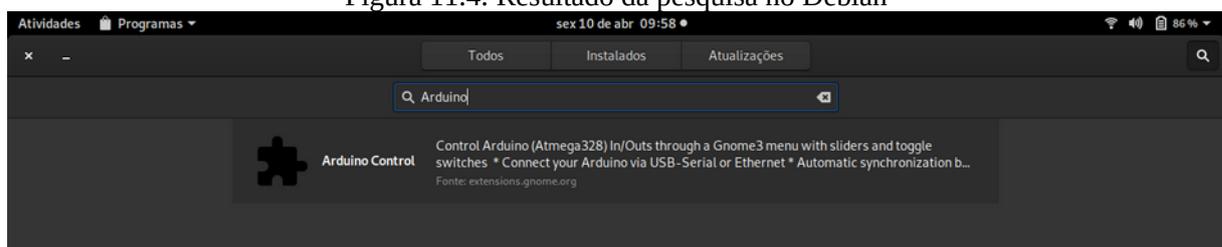
Após abrir, no campo de busca, procura-se por Arduino.

Figura 11.3: Busca por Arduino no Ubuntu Software



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 11.4: Resultado da pesquisa no Debian



Fonte: Arquivo Pessoal.

No Debian, não foi possível localizar o IDE Arduino pela loja. Mostraremos como instalá-lo no modo de comando, mais adiante.

No Ubuntu, após clicarmos no *software* disponível, clicamos em instalar.

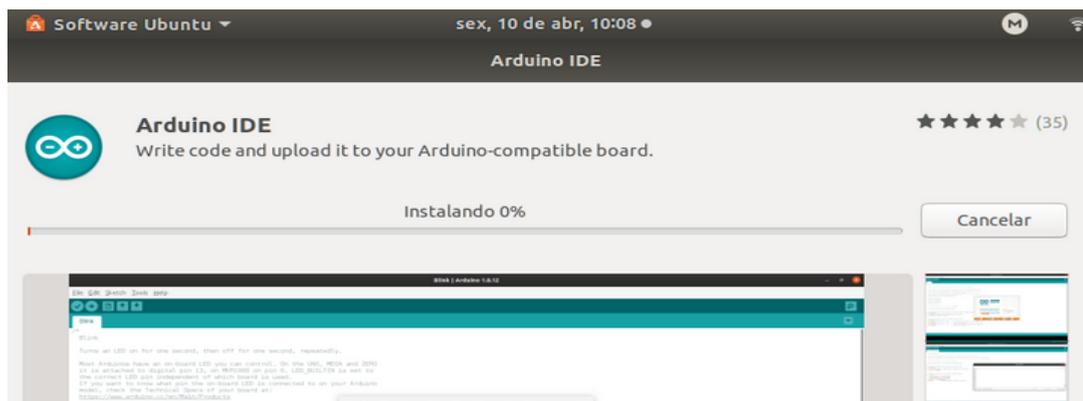
Figura 11.5: Arduino na loja de Aplicativos Ubuntu *Software*



Fonte: Arquivo Pessoal.

O instalador pedirá a senha de administração do sistema, digitamos e esperamos, o *download* e instalação automática do IDE Arduino.

Figura 11.6: Download e instalação do Arduino Via Ubuntu *Software*.



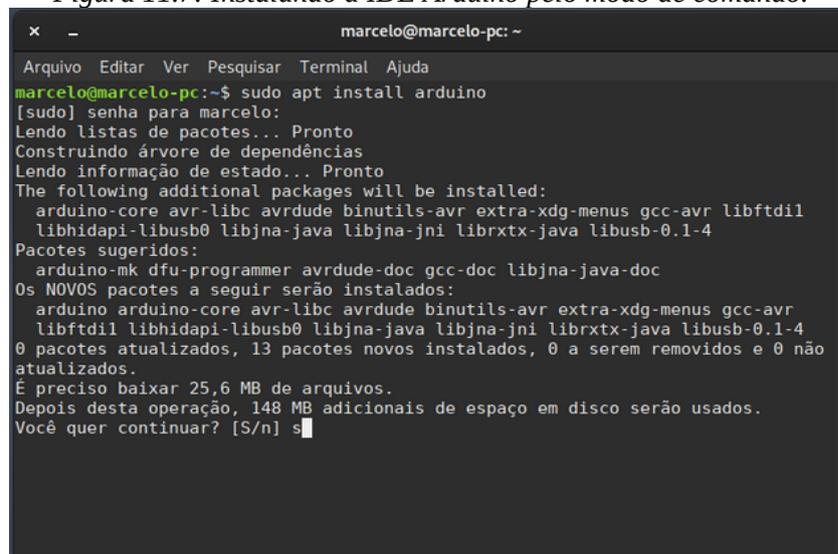
Fonte: Arquivo Pessoal.

Após a instalação, basta pesquisar na barra do *desktop*, por Arduino, apertando no teclado, a tecla com o símbolo do *Windows*.

### 11.1.2 Pelo modo de comando ou terminal

No Debian 10, como não fora possível instalar através da loja de aplicativos, podemos instalá-lo pelo modo de comando. Para isso, buscamos pelo terminal na barra do *desktop* ou apertamos CTRL + ALT + T. Todos os comandos para ser executados, devem ser digitados no terminal e em seguida apertar a tecla *ENTER*. Quando o terminal abrir, digitamos: `sudo apt install arduino`, conforme a figura, e digitamos a senha de administrador, para que se possa fazer o *download* e instalação do *software*. E para confirmar, digitamos, S, para dar o comando de, Sim, estar aceitando a instalação.

Figura 11.7: Instalando a IDE Arduino pelo modo de comando.



```

marcelo@marcelo-pc: ~
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
marcelo@marcelo-pc:~$ sudo apt install arduino
[sudo] senha para marcelo:
Lendo listas de pacotes... Pronto
Construindo árvore de dependências
Lendo informação de estado... Pronto
The following additional packages will be installed:
  arduino-core avr-libc avrdude binutils-avr extra-xdg-menus gcc-avr libftd1
  libhidapi-libusb0 libjna-java libjna-jni librxtx-java libusb-0.1-4
Pacotes sugeridos:
  arduino-mk dfu-programmer avrdude-doc gcc-doc libjna-java-doc
Os NOVOS pacotes a seguir serão instalados:
  arduino arduino-core avr-libc avrdude binutils-avr extra-xdg-menus gcc-avr
  libftd1 libhidapi-libusb0 libjna-java libjna-jni librxtx-java libusb-0.1-4
0 pacotes atualizados, 13 pacotes novos instalados, 0 a serem removidos e 0 não
atualizados.
É preciso baixar 25,6 MB de arquivos.
Depois desta operação, 148 MB adicionais de espaço em disco serão usados.
Você quer continuar? [S/n] s

```

Fonte: Arquivo Pessoal.

Essa mesma maneira de instalação, pode ser realizada no Ubuntu, Debian, Mint, e outros sistemas Debian *Like*.

Se mesmo assim não foi possível a instalação, pode-se obter o *software* direto da página oficial do Arduino.

### 11.2 OBTENDO O IDE ARDUINO PELO SITE OFICIAL: MÉTODO PARA LINUX E WINDOWS.

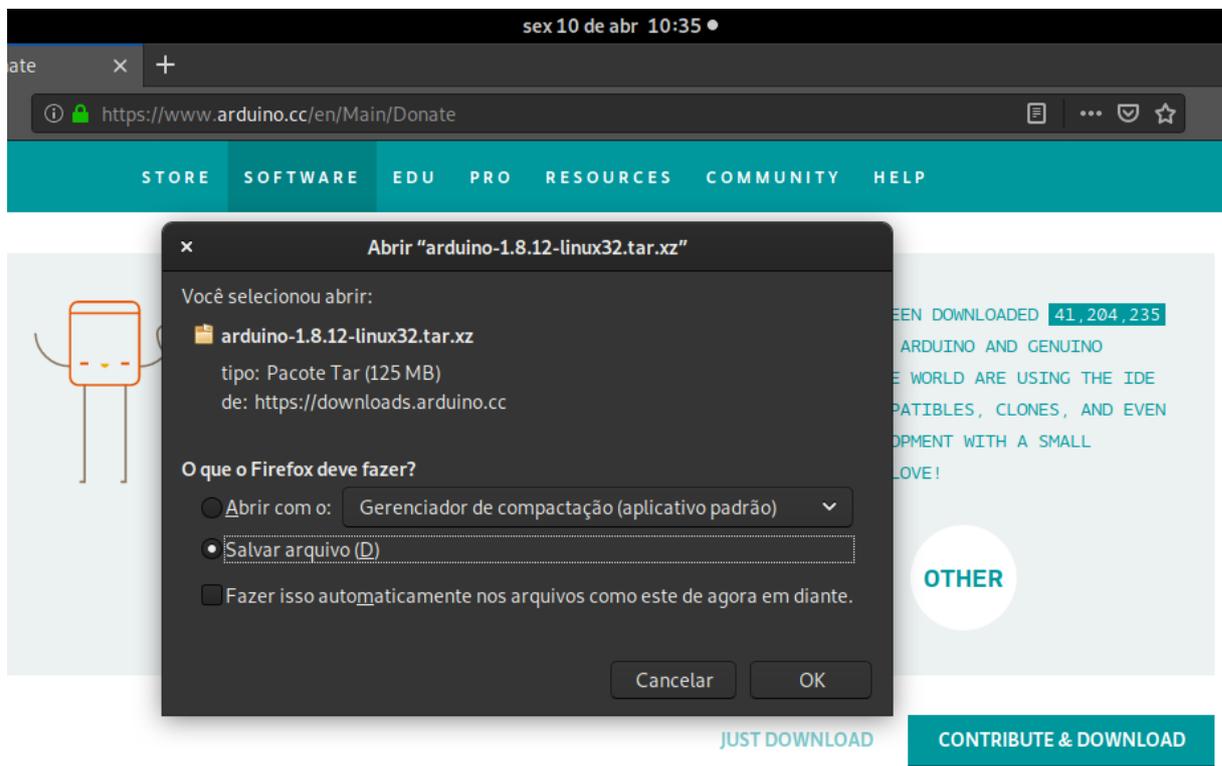
Com um navegador de internet acessamos a página, <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Descemos a página até, Download the Arduino IDE. Aqui escolhemos, para que tipo de sistema queremos baixar, o *software*. Se for

Windows, clique em Windows app.

### 11.3 INSTALANDO O IDE ARDUINO OBTIDO PELO SITE OFICIAL: MÉTODO PARA LINUX

Mostraremos como instalar para um sistema *Linux* 32 bits, que é válido para quase todos os tipos de sistemas *Linux*, não somente aos *Debian Like*. Clicando em, *Linux* 32 bits, redireciona-se a página de *download*, onde clica-se em, *just download*. E salvamos o arquivo.

Figura 11.8: Baixando o IDE Arduino do site Oficial.

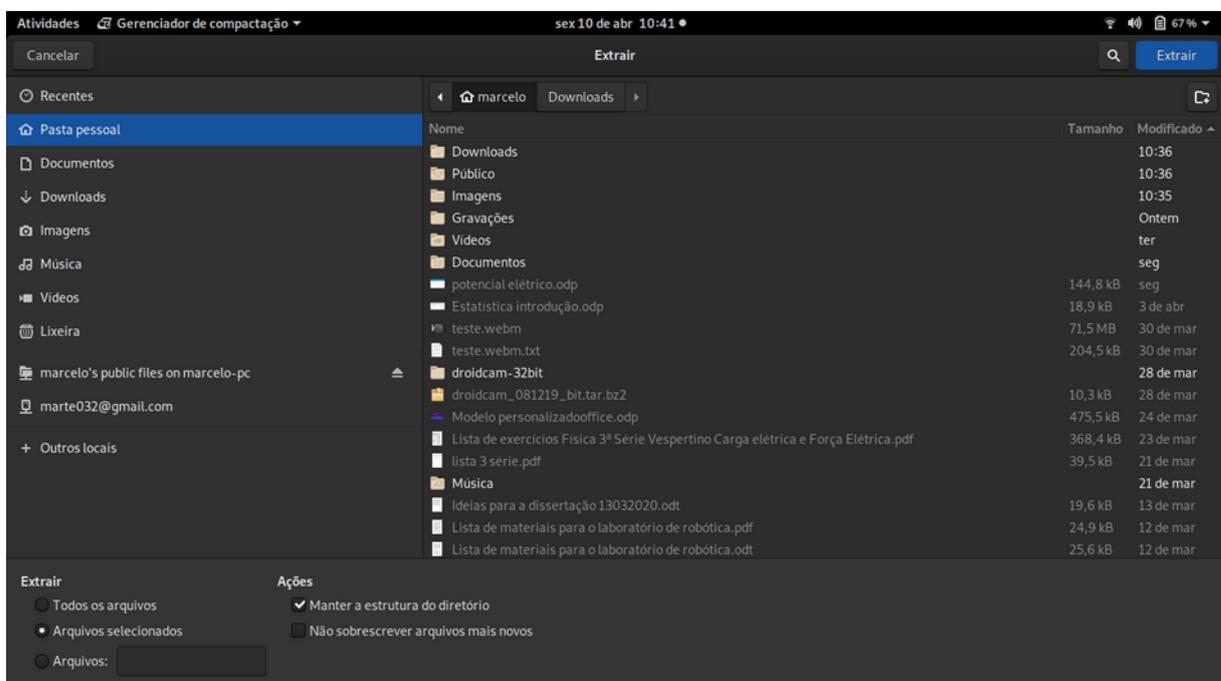


Fonte: Arquivo Pessoal.

Após download, descompactamos o arquivo em uma pasta de fácil localização. Colocamos na pasta pessoal. Usando o terminal, CTRL + ALT + T, movemos a pasta, que no caso, *arduino-1.8.12*, para a pasta */opt*. Esta pasta */opt* é uma pasta para instalação de *softwares* de terceiros, nos ambientes *Linux*. Com o comando, no terminal, *sudo mv arduino-1.8.12 /opt*. Digitamos a senha administrativas, e a pasta é movida para */opt*. Acessando a pasta */opt*, pelo terminal, através do comando, *cd /opt*, e dando o comando para mostrar os arquivos da pasta, *ls*, observamos a pasta que acabamos de mover, *arduino-1.8.12*. Entrando na pasta, com o comando, *cd arduino-1.8.12*, e em seguida com o comando *ls*, observaremos

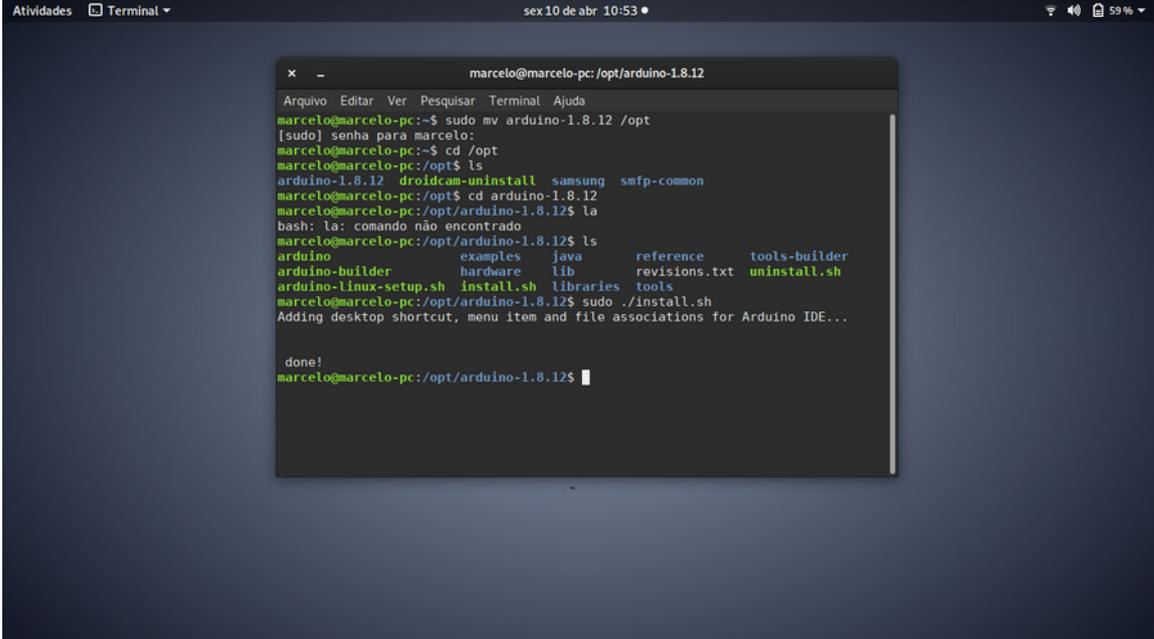
os arquivos da pasta. Como queremos instalar o *software*, procuramos pelo arquivo *install.sh*. Para a instalação digitamos no terminal, `sudo ./install.sh`. Se for requerida a senha administrativa, a digitamos. Após alguns minutos o *software* é instalado, e já estando disponível para uso, bastando pesquisar, na barra de *Desktop*, por Arduino. O processo que descrevemos acima pode ser visualizado na imagem abaixo.

Figura 11.9: Extraindo os arquivos baixados do arquivo para uma pasta de fácil acesso.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Abaixo temos a imagem da sequência de comandos, mostrados acima, até a instalação da IDE Arduino.

Figura 11.10: Sequências de comandos utilizados para a instalação em sistemas *Linux*.

```
marcelo@marcelo-pc:~/opt/arduino-1.8.12$ sudo mv arduino-1.8.12 /opt
[sudo] senha para marcelo:
marcelo@marcelo-pc:~$ cd /opt
marcelo@marcelo-pc:/opt$ ls
arduino-1.8.12  droidcam-uninstall  samsung  smfp-common
marcelo@marcelo-pc:/opt$ cd arduino-1.8.12
marcelo@marcelo-pc:/opt/arduino-1.8.12$ la
bash: la: comando não encontrado
marcelo@marcelo-pc:/opt/arduino-1.8.12$ ls
arduino          examples        java             reference        tools-builder
arduino-builder  hardware       lib              revisions.txt    uninstall.sh
arduino-linux-setup.sh  install.sh    libraries       tools
marcelo@marcelo-pc:/opt/arduino-1.8.12$ sudo ./install.sh
Adding desktop shortcut, menu item and file associations for Arduino IDE...

done!
marcelo@marcelo-pc:/opt/arduino-1.8.12$
```

Fonte: Arquivo Pessoal.

A vantagem desse tipo de instalação, é que podemos utilizar a versão mais recente da IDE Arduino, com as últimas ferramentas lançadas. A desvantagem, é que ainda pode existir bugs, não corrigidos. No Debian, pode ocorrer algumas versões não muito atualizadas, pois os desenvolvedores da distribuição buscam estabilidade no uso, em detrimento ao *software* mais recente. A versão do Debian é mais confiável por ter passado por muitos testes, em suas versões de manutenção, *unstable* (instável), *testing* (testando) e *stable* (estável). A versão que instalamos, é a versão estável.

## 12. ANEXO A – TERMOS DE COMPROMISSO TCLE E ANUÊNCIA TALE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL CATALÃO  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você/Sr./Sra. está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Meu nome é Marcelo Pires da Silva, sou o pesquisador responsável, sob orientação da Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa e minha área de atuação é Matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador responsável. Esclareço que, em caso de recusa na participação, você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas *sobre a pesquisa* poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, via e-mail (marTE032@gmail.com) e, inclusive, sob forma de ligação/WhatsApp, através do telefone (64)99235-7574. Ao persistirem as dúvidas *sobre os seus direitos* como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, pelo telefone (64)3441-7609.

#### 1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

1.1 Entendemos que o ensino de Matemática deve desenvolver no aluno o raciocínio lógico, a criatividade, a capacidade de resolver problemas e habilidades para se adaptar às exigências tecnológicas do mundo contemporâneo. Nesse sentido, é importante usar metodologias de ensino diferenciadas em sala, a fim de tornar os conteúdos mais atrativos, de forma que o aluno se esforce espontaneamente e exponha suas ideias. Além disso, as avaliações devem ser integradas a essas metodologias. Neste projeto intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática” objetiva-se a elaboração atividades para serem desenvolvidas em sala de aula, para melhorar as habilidades e competências matemáticas, estimulando a participação ativa dos alunos.

1.2 Para atingir o objetivo proposto, serão desenvolvidas atividades em sala de aula, usando metodologias de ensino diferenciadas. Durante este período as atividades serão filmadas/gravadas/fotografadas e serão utilizados questionários e entrevistas para coleta de dados. A partir da análise desse material serão produzidos textos acadêmicos sobre os resultados alcançados usando tais metodologias. Para tanto preciso de sua autorização. Favor rubricar em uma opção por afirmação a seguir

Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa:

( ) Sim ( ) Não

Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa:

( ) Sim ( ) Não

Permito a divulgação da minha voz nos resultados publicados da pesquisa:

( ) Sim ( ) Não

1.1 O projeto oferece risco ínfimo à integridade física, moral, intelectual e emocional. Você pode se sentir desconfortável ao responder os questionários, participar de entrevistas ou ser filmado/fotografado. Contudo, nada é obrigatório e não existem punições quanto à não participação. Todas as imagens serão editadas para minimizar o risco de identificação. A pesquisa não visa denegrir os participantes, não necessita materiais ou ações físicas que pressuponham uso de EPI (Equipamento de proteção individual). Em caso de desconforto ou mal estar, será dado apoio acionando atendimento em unidade de saúde pública mais próxima do participante.

1.3 Sua participação na pesquisa, pode lhe propiciar acesso a novas abordagens de conteúdos Matemáticos, além de contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de Matemática em um contexto

geral, bem como para a coleta de dados relevantes para produção acadêmica.

- 1.4 Não haverá despesas decorrentes da sua participação.
- 1.5 Garantimos seu sigilo, privacidade e anonimato.
- 1.6 Você pode se recusar a participar da pesquisa ou retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma;
- 1.2 A qualquer momento você pode se recusar a participar de aplicação de questionários ou entrevistas e a ser filmado/fotografado caso se sinta *desconfortável* e/ou *constrangido*;
- 1.3 Informamos que você tem o direito de pleitear indenização (reparação a danos imediatos ou futuros), garantida em lei, decorrentes da sua participação na pesquisa;
- 1.4 Os resultados serão divulgados por meio de trabalhos acadêmicos que poderão ser apresentados em congressos da área ou publicados em revistas e por meio de relatórios;
- 1.5 É uma exigência ética a guarda do material coletado por um período de 05 (cinco) anos após o término da pesquisa. Contudo, informamos que o referido material não será utilizado em pesquisas futuras.

## 2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu, ....., inscrito(a) sob o RG/ CPF....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador responsável Marcelo Pires da Silva, sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Catalão, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) participante

---

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

Testemunhas em caso de uso da assinatura datiloscópica




---



---



## TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Meu nome é Marcelo Pires da Silva, sou o pesquisador responsável, sob orientação da Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa e minha área de atuação é Matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador responsável. Esclareço que, em caso de recusa na participação, você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas *sobre a pesquisa* poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, via e-mail (marte032@gmail.com) e, inclusive, sob forma de ligação/WhatsApp, através do telefone (64)99235-7574. Ao persistirem as dúvidas *sobre os seus direitos* como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, pelo telefone (64)3441-7609.

### 1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

- 1.1 Entendemos que o ensino de Matemática deve desenvolver no aluno o raciocínio lógico, a criatividade, a capacidade de resolver problemas e habilidades para se adaptar às exigências tecnológicas do mundo contemporâneo. Nesse sentido, é importante usar metodologias de ensino diferenciadas em sala, a fim de tornar os conteúdos mais atrativos, de forma que o aluno se esforce espontaneamente e exponha suas ideias. Além disso, as avaliações devem ser integradas a essas metodologias. Neste projeto intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática” objetiva-se a elaboração atividades para serem desenvolvidas em sala de aula, para melhorar as habilidades e competências matemáticas, estimulando a participação ativa dos alunos.
- 1.2 Para atingir o objetivo proposto serão desenvolvidas atividades em sala de aula, usando metodologias de ensino diferenciadas. Durante este período as atividades serão filmadas/gravadas/fotografadas e serão utilizados questionários e entrevistas para coleta de dados. A partir da análise desse material serão produzidos textos acadêmicos sobre os resultados alcançados usando tais metodologias. Para tanto preciso de sua autorização. Favor rubricar em uma opção por afirmação a seguir  
 Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa:  
 (                    ) Sim (                    ) Não  
 Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa:  
 (                    ) Sim (                    ) Não  
 Permito a divulgação da minha voz nos resultados publicados da pesquisa:  
 (                    ) Sim (                    ) Não
- 1.3 O projeto oferece risco ínfimo à integridade física, moral, intelectual e emocional. Você pode se sentir desconfortável ao responder os questionários, participar de entrevistas ou ser filmado/fotografado. Contudo, nada é obrigatório e não existem punições quanto à não participação. Todas as imagens serão editadas para minimizar o risco de identificação. A pesquisa não visa denegrir os participantes, não necessita materiais ou ações físicas que pressuponham uso de EPI (Equipamento de proteção individual). Em caso de desconforto ou mal estar, será dado apoio acionando atendimento em unidade de saúde pública mais próxima do participante.
- 1.4 Sua participação na pesquisa, pode lhe propiciar melhor aprendizagem de conteúdos Matemáticos, além

de contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de Matemática em um contexto geral, bem como para a coleta de dados relevantes para produção acadêmica.

- 1.5 Não haverá despesas decorrentes da sua participação.
- 1.6 Garantimos seu sigilo, privacidade e anonimato.
- 1.7 Você pode se recusar a participar da pesquisa ou retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma;
- 1.8 A qualquer momento você pode se recusar a participar de aplicação de questionários ou entrevistas e a ser filmado/fotografado caso se sinta *desconfortável e/ou constrangido*;
- 1.9 Informamos que você tem o direito de pleitear indenização (reparação a danos imediatos ou futuros), garantida em lei, decorrentes da sua participação na pesquisa;
- 1.10 Os resultados serão divulgados por meio de trabalhos acadêmicos que poderão ser apresentados em congressos da área ou publicados em revistas e por meio de relatórios;
- 1.11 É uma exigência ética a guarda do material coletado por um período de 05 (cinco) anos após o término da pesquisa. Contudo, informamos que o referido material não será utilizado em pesquisas futuras.

## 2 Assentimento da Participação na Pesquisa:

Eu, ....., inscrito(a) sob o RG/ CPF....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador responsável Marcelo Pires da Silva, sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Catalão, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) participante

---

Assinatura por extenso da pesquisadora responsável

Testemunhas em caso de uso da assinatura datiloscópica




---



---



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE - PAIS

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Meu nome é Marcelo Pires da Silva, sou o pesquisador responsável, sob orientação do Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa e minha área de atuação é Matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você permitir que seu(sua) filho(a) faça parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador responsável. Esclareço que, em caso de autorização, seu(sua) filho(a) não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se autorizar, as dúvidas *sobre a pesquisa* poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, via e-mail (marte032@gmail.com) e, inclusive, sob forma de ligação/WhatsApp, através do telefone (64)99235-7574. Ao persistirem as dúvidas *sobre os seus direitos* como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, pelo telefone (64)3441-7609.

#### 1. Informações Importantes sobre a Pesquisa:

- 1.1 Entendemos que o ensino de Matemática deve desenvolver no aluno o raciocínio lógico, a criatividade, a capacidade de resolver problemas e habilidades para se adaptar às exigências tecnológicas do mundo contemporâneo. Nesse sentido, é importante usar metodologias de ensino diferenciadas em sala, a fim de tornar os conteúdos mais atrativos, de forma que o aluno se esforce espontaneamente e exponha suas ideias. Além disso, as avaliações devem ser integradas a essas metodologias. Neste projeto intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática” objetiva-se a elaboração atividades para serem desenvolvidas em sala de aula, para melhorar as habilidades e competências matemáticas estimulando a participação ativa dos alunos.
- 1.2 Para atingir o objetivo proposto, serão desenvolvidas atividades em sala de aula, usando metodologias de ensino diferenciadas. Durante este período as atividades serão filmadas/gravadas/fotografadas e serão utilizados questionários e entrevistas para coleta de dados. A partir da análise desse material serão produzidos textos acadêmicos sobre os resultados alcançados usando tais metodologias. Para tanto preciso de sua autorização. Favor rubricar em uma opção por afirmação a seguir
- Permito a divulgação da opinião do(a) meu (minha) filho(a) nos resultados publicados da pesquisa:  
 Sim  Não
- Permito a divulgação da imagem do(a) meu (minha) filho(a) nos resultados publicados da pesquisa:  
 Sim  Não
- Permito a divulgação da voz do(a) meu (minha) filho(a) nos resultados publicados da pesquisa:  
 Sim  Não
- 1.3 O projeto oferece risco ínfimo à integridade física, moral, intelectual e emocional. Seu(sua) filho(a) pode se sentir desconfortável ao responder os questionários, participar de entrevistas ou ser filmado/fotografado. Contudo, nada é obrigatório e não existem punições quanto à não participação. Todas as imagens serão editadas para minimizar o risco de identificação. A pesquisa não visa denegrir os participantes, não necessita materiais ou ações físicas que pressuponham uso de EPI (Equipamento de proteção individual). Em caso de desconforto ou mal estar de seu filho, você será avisado e será dado apoio acionando atendimento em unidade de saúde pública mais próxima.
- 1.4 A participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa, pode propiciar a ele(a) melhor aprendizagem de conteúdos Matemáticos, além de contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de

Matemática em um contexto geral, bem como para a coleta de dados relevantes para produção acadêmica.

- 1.5 Não haverá despesas decorrentes da sua participação.
- 1.6 Garantimos o sigilo, privacidade e anonimato de seu(sua) filho(a) .
- 1.7 Seu(sua) filho(a) pode se recusar a participar da pesquisa ou ele(a) ou você podem retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma;
- 1.8 A qualquer momento ele(a) pode se recusar a participar de aplicação de questionários ou entrevistas e a ser filmado/fotografado caso se sinta *desconfortável* e/ou *constrangido*;
- 1.9 Informamos que você tem o direito de pleitear indenização (reparação a danos imediatos ou futuros), garantida em lei, decorrentes da participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa;
- 1.10 Os resultados serão divulgados por meio de trabalhos acadêmicos que poderão ser apresentados em congressos da área ou publicados em revistas e por meio de relatórios;
- 1.11 É uma exigência ética a guarda do material coletado por um período de 05 (cinco) anos após o término da pesquisa. Contudo, informamos que o referido material não será utilizado em pesquisas futuras.

## 2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu, ....., inscrito(a) sob o RG/ CPF....., abaixo assinado, concordo que meu(minha) filho(a) participe do estudo intitulado “Investigações relativas ao processo de ensino-aprendizagem de Matemática”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que a participação dele(a) nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador responsável Marcelo Pires da Silva, sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele(a) no estudo. Foi-me garantido que podemos retirar nosso consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a participação dele(a) no projeto de pesquisa acima descrito.

Catalão, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) responsável

---

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

Testemunhas em caso de uso da assinatura datiloscópica




---



---