UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL

MÔNICA DA CUNHA ALVES

A CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA NA PERSPECTIVA DA ROBÓTICA LIVRE: uma possibilidade de abordagem do Ensino de Matemática

Catalão

2022

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

[X] Dissertação [ ] Tese

2. Nome completo do autor

Mônica da Cunha Alves

3. Título do trabalho

A CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA NA PERSPECTIVA DA ROBÓTICA LIVRE: uma possibilidade de abordagem do Ensino de Matemática

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

Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [ ] NÃO[1]

[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(à) autor(a) e ao(à) 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.

sei! assinatura eletrônica

Documento assinado eletronicamente por **MÔNICA DA CUNHA ALVES**, **Usuário Externo**, em 07/03/2022, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

sei! assinatura eletrônica

Documento assinado eletronicamente por **Fernando Da Costa Barbosa**, **Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2022, às 13:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

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, informando o código verificador **2737294** e o código CRC **B6B4FA93**.

MÔNICA DA CUNHA ALVES

A CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA NA PERSPECTIVA DA ROBÓTICA LIVRE: uma possibilidade de abordagem do Ensino de Matemática

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional do Instituto de Matemática e Tecnologia da Universidade Federal de Catalão, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Matemática.
Área de concentração: Ensino de Matemática.
Orientador: Prof.º Dr. Fernando da Costa Barbosa
Coorientador: Prof.º Dr. Daniel da Silveira Guimarães

Catalão

2022

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

Alves, Mônica da Cunha
A Construção de um Robô Seguidor de Linha na Perspectiva da Robótica Livre : uma possibilidade de abordagem do Ensino de Matemática / Mônica da Cunha Alves. - 2022.
LXIX, 69 f.: il.

Orientador: Prof. Fernando da Costa Barbosa; co-orientador Prof. Daniel da Silveira Guimarães.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Matemática e Tecnologia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede - PROFMAT, Catalão, 2022.
Bibliografia.
Inclui fotografias, lista de figuras.

1. Robótica Educacional. 2. Matemática. 3. Robô Seguidor de linha. 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 **25** da sessão de Defesa de Dissertação de **Mônica da Cunha Alves**, que confere o título de Mestre(a) em **Matemática,** na área de concentração em **Ensino de Matemática.**

Aos **vinte e cinco de fevereiro de dois mil e vinte e dois**, às **treze horas e trinta minutos** , por Webconferência via sistema Google Meet (meet.google.com/aya-xcxk-yos), reuniram-se os componentes da banca examinadora, docentes **Dr. Fernando da Costa Barbosa (PROFMAT/IMTec - "RC/UFG - UFCAT em transição"), orientador, Dr. Daniel da Silveira Guimarães(PROFMAT/IMTec - "RC/UFG - UFCAT em transição"),co-orientador, Dra. Élida Alves da Silva (PROFMAT/IMTec - "RC/UFG - UFCAT em transição"), membro titular interno e Dr. Deive Barbosa Alves (UFT), membro titular externo** para, em sessão pública realizada na Sala Virtual do Google Meet, procederem a avaliação da Dissertação intitulada " A CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA NA PERSPECTIVA DA ROBÓTICA LIVRE: uma possibilidade de abordagem do Ensino de Matemática", de autoria de **Mônica da Cunha Alves**, 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. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinanda. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da Dissertação, que foi considerada **Aprovada**. Cumpridas as formalidades de pauta, 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. **Vinte e cinco de fevereiro de dois mil e vinte e dois**.

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 12/05/2022, às 09:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Deive Barbosa Alves**, **Usuário Externo**, em 12/05/2022, às 09:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Élida Alves Da Silva**, **Professora do Magistério Superior**, em 12/05/2022, às 09:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Daniel Da Silveira Guimaraes**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/05/2022, às 09:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

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, informando o código verificador **2898304** e o código CRC **5C8D007B**.

Dedico este trabalho a minha vovó Diva. Ela fez a passagem para o descanso eterno em 08/07/2020. Mas, deixou seu legado de uma mulher guerreira, sempre lutou como uma leoa por todos da família e tinha um coração ilimitado, em todo tempo se preocupava com todos e em todos os detalhes. Obrigada vovó pelos seus ensinamentos...

AGRADECIMENTOS

Um desafio tão grande como escrever essa dissertação é elencar e agradecer a todos que participaram de sua elaboração de forma direta ou indireta. Independentemente do fato de sua autoria ser individual, é uma construção fruto do esforço de muitas pessoas.

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por me ajudar a entender que Ele é amor, através do sacrifício salvífico de Jesus Cristo e pela obra grandiosa do Espírito Santo.

Agradeço aos meus pais, Ivo e Vanilda, por serem os responsáveis pela minha existência, e que mesmo antes de nascer dedicaram amor, carinho, renúncia, esforço e atenção. Na caminhada da vida agradeço pelos ensinamentos, amor e os cuidados dedicados com objetivo que eu prosseguisse no caminho do bem. Pai, suas mãos hoje, são impossibilitadas de abrir totalmente pelos calos adquiridos no trabalho árduo debaixo do sol, mas, foi por meio delas que sustentou nossa família. Mãe, dona de casa, tarefa árdua e contínua, obrigada pela persistência, o zelo e os cuidados diários dedicados a nós.

À minha irmã, Ritinha, por sempre estarmos juntas e me ajudar em todas as horas. Obrigada por tantos cafés da manhã, ora café e pão de queijo, ora café e biscoito de queijo.

Aos meus orientadores, Fernando e Daniel. Fernando, obrigado pela paciência, pela sua dedicação na minha orientação acadêmica e pelo coração imenso e acolhedor, que revela sua humanidade. Daniel, sua energia e entusiasmo são inesgotáveis, obrigada pelos produtivos encontros geralmente realizados nos finais de semana. Admiro a forma como vocês trabalham, pois vão além das responsabilidades acadêmicas. Gratidão!

Professora Élida, “tia Élida”, agradeço pelas orientações e ensinamentos durante a organização das ideias.

Agradeço a todos os professores do PROFMAT Catalão, Tânia, Donald, Márcio, Paulo, Porfírio, Daniel, Marta e Élida.

Agradeço a todos os professores da Unidade Acadêmica de Matemática e Tecnologia da UFCat, antes UFG, que me ensinaram e orientaram durante minha graduação em Licenciatura plena em Matemática.

Agradeço a CAPES pelo suporte financeiro durante um ano através de bolsa, e também a população brasileira que paga os impostos que, em parte, compõe as ações da CAPES.

Ao meu esposo, Fauez, agradeço pela parceria, cuidado e companheirismo que tem dedicado a nossas vidas nesses dez anos. Eu te amo!

As amizades que construímos na turma de mestrado, agradeço a todos pelas trocas de experiências acadêmicas e da vida. Foram sextas feiras intensas, mas com muito coleguismo e

afeto. Obrigado! Aline, Adriana, Andreia, Daiele, Daniela, Emerson, Franciele, Gilmar, Guilherme, Lourival, Marcos, Pedro, Péricles, Rodrigo, Rosilene, Thiago, Valdir e Wilker.

Agradeço a todos os meus professores que participaram da minha formação. No desempenho de suas funções nos fizeram compreender que, para alcançar nossos objetivos, é necessário unir as disciplinas do currículo e da vida. Meu carinho e gratidão, por terem sido verdadeiros mestres.

Aos colegas de trabalho professores e administrativos agradeço pelo prazer de conhecer todos vocês ao longo de dez anos de carreira na docência da educação básica.

Aos meus queridos alunos que passaram por minha vida ao longo da última década. Obrigado pelo respeito e pelo carinho ao me receber como professora e deixar que eu faça parte de suas vidas.

A equipe de robótica em especial Lego Soldiers e Lego Star, as quais tive o prazer de participar como técnica. *Gracious professionalism*!

As amigas Kelly Cristina e Leidiane agradeço pelo incentivo em não me deixar desistir em momentos difíceis, estando ao meu lado em todas as horas. Obrigada pela amizade, de coração.

Agradeço a todas as pessoas que conheci e que de alguma forma contribuíram com meu crescimento intelectual, pessoal e profissional.

RESUMO

Por meio desse estudo buscou-se desenvolver um robô seguidor de linha a partir das concepções da Robótica Livre, visando colaborar com a aprendizagem de matemática e também para com as práticas educativas. Para tanto, fez-se uso da pesquisa bibliográfica e exploratória. A pesquisa bibliográfica foi realizada na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD e no Catálogo de Teses & Dissertações – CAPES. Para a identificação e seleção dos estudos foram empregados os seguintes descritores: Formação de professores de Matemática em Robótica; Robótica Livre *and* formação de professores em Matemática. Foram utilizados como critérios de inclusão: teses e dissertações produzidas em Programas de Pós-graduação do Brasil entre o período de 2015 a 2021 com temática relacionada à formação de professores de matemática em robótica. Os critérios de exclusão foram os seguintes: estudos de outros formatos e pesquisas publicadas em outros idiomas. Também foi utilizado o método descritivo para detalhamento do percurso de construção do robô, bem como dos percalços que vieram a surgir. A abordagem qualitativa foi utilizada na obtenção e análise dos dados. O resultado obtido por intermédio da descrição do processo de construção do robô seguidor de linha permitirá que educadores elaborem propostas semelhantes. Mediante as ações norteadas pelos pressupostos da Robótica Livre será possível abordar conteúdos diversos do campo matemático e também de outras áreas do conhecimento, como a Física e a Geografia, contribuindo com a formação científica e tecnológica dos estudantes. Além disso, espera-se contribuir com estudos futuros voltados a compreensão dos diferentes aspectos do campo do ensino de matemática.

Palavras-chave: Robótica Educacional. Matemática. Robô Seguidor de linha.

ABSTRACT

Through this study, we sought to develop a line-following robot from the concepts of Free Robotics, aiming to collaborate with the learning of mathematics and also with educational practices. For this purpose, bibliographic and exploratory research was used. The bibliographic research was carried out in the Digital Library Of Theses And Dissertations - BDTD and in the Catalog of Theses & Dissertations - CAPES. For the identification and selection of studies, the following descriptors were used: Training of Mathematics teachers in Robotics; Free Robotics and Teacher Training in Mathematics. The following inclusion criteria were used: theses and dissertations produced in Graduate Programs in Brazil between 2015 and 2021 with a theme related to the training of mathematics teachers in robotics. The exclusion criteria were as follows: studies in other formats and research published in other languages. The descriptive method was also used to detail the robot's construction path, as well as the mishaps that emerged. A qualitative approach was used to obtain and analyze the data. The results obtained through the description of the construction process of the line follower robot will allow educators to develop similar proposals. Through actions guided by the assumptions of Free Robotics, it will be possible to approach different contents from the mathematical field and also from other areas of knowledge, such as Physics and Chemistry, contributing to the scientific and technological training of students. In addition, it is expected to contribute to future studies aimed at understanding different aspects of the field of mathematics teaching.

Keywords: Educational Robotics. Math. Line Follower Robot.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do modelo TPACK.....24
Figura 2 – Retirada da engrenagem e motor.....38
Figura 3 – Retirada da engrenagem e motor.....39
Figura 4 – Retirada da engrenagem e motor.....39
Figura 5 – Retirada da engrenagem e motor.....39
Figura 6 – Retirada da engrenagem e motor.....39
Figura 7 – Placa da pirâmide de som tirado após as retiradas dos potenciômetros.....40
Figura 8 – Transistor unipolar Mosfet IRFZ48N.....41
Figura 9 – Resistores de 100 KΩ cada.....41
Figura 10 – Potenciômetro de 20kΩ.....42
Figura 11 – Luminária de emergência.....42
Figura 12 – LED e chave liga desliga retirados da luminária de emergência.....43
Figura 13 – Câmera de segurança.....43
Figura 14 – LDR retirado da câmera.....43
Figura 15 – Clipe retirado da bateria.....44
Figura 16 – Parte Inferior do Robô.....45
Figura 17 – Pista 45
Figura 18 – Robô.....48
Figura 19 – Primeiro e segundo exemplares.....49
Figura 20 – Terceiro e quarto exemplares.....50
Figura 21 – Circuitos AGV para transistores NPN ou Mosfet tipo N.....51
Figura 22 – Correção de trajetória do AGV.....53
Figura 23 – Circuito no Tinkercard.....54
Figura 24 – Transistor Mosfet canal N IRFZ48N.....56
Figura 25 – Transistor NPN BD135.....56
Figura 26 – Segundo circuito LDR-potenciômetro com o Teorema de Theveni.....58
Figura 27 – Circuito de Thevenin.....59
Figura 28 – Visão frontal do AGV.....60
Figura 29 – Gráfico de características de transferências típicas do DataSheet do transistor mosfet IRFZ48N.....62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atividades específicas do 7º ano do Ensino Fundamental.....19
Quadro 2 – Atividades específicas do 8º ano do Ensino Fundamental.....21
Quadro 3 – Atividades específicas do 9º ano do Ensino Fundamental.....22
Quadro 4 – Lista de componentes e ferramentas.....35
Quadro 5 – Componentes eletrônicos e sua função.....48
Quadro 6 – Componentes do segundo e terceiro exemplares do AGV.....50
Quadro 7 – Resistência do LDR nos AGV's.....60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
2. A ROBÓTICA EDUCACIONAL 16
2.1 ROBÓTICA EDUCACIONAL, ENSINO DE MATEMÁTICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES 18
2.2 UM TIPO ESPECIAL DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA 31
3. METODOLOGIA 33
4. O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO ROBÔ 35
4.1 PREPARAÇÃO DA ESTRUTURA E OS COMPONENTES ELETRÔNICOS 36
4.2 RELATOS DAS DIFICULDADES 46
4.3 MONTAGEM DOS CIRCUITOS 47
4.4 APLICANDO A MATEMÁTICA 49
4.4.1 O CIRCUITO DO AGV NO TINKECARD 53
4.4.2 A FÍSICA-MATEMÁTICA NO CIRCUITO DO AGV 54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 66

1. INTRODUÇÃO

A Matemática é considerada como uma disciplina complexa, e por vezes de difícil compreensão no processo de ensino/aprendizagem. Essa disciplina é vista por parte dos estudantes como uma área de difícil assimilação. A conotação negativa depositada sobre a Matemática é, muitas vezes, responsável por influenciar e prejudicar o desenvolvimento educacional do estudante.

Devido às dificuldades e reprovações na disciplina e, mesmo quando não são alvos de reprovação, os estudantes sentem dificuldade em fazer uso dos conhecimentos matemáticos em processos do cotidiano. Esses acontecimentos geram sentimentos de incapacidade. A partir dessa série de problemáticas, percebemos a importância de, na atuação docente, o professor propor aos estudantes novas possibilidades de metodologias de ensino, visando sanar tais eventualidades (SANTOS; FRANÇA; SANTOS, 2007).

Esse fato nos demonstra a necessidade de se desenvolver mecanismos que auxiliem na desconstrução dessa visão da disciplina enquanto algo negativo. A Robótica Educacional surge como uma possibilidade de inovação dessa área crucial para o desenvolvimento dos estudantes, dado que facilita o entendimento de conhecimentos matemáticos de forma atrativa e prática. Alguns entraves são enfrentados na utilização deste mecanismo, como altos custos de obtenção de peças para construção dos robôs.

Nesse contexto a Robótica Livre surge como uma possibilidade mais acessível de abordagem da robótica em sala de aula. Essa proposta faz uso de produtos de baixo custo, utilizando-os e reutilizando-os. No entanto, essa nova proposta também possui seus entraves, por exemplo:“[...] como fazer robótica se não há computadores? Como e onde encontrar peças? Contudo, cada problema a ser superado, expande o grau de evolução do processo de ensino/ aprendizagem, pois a busca por soluções propicia a construção de conhecimentos diversos para os envolvidos” (GUIMARÃES; SILVA; BARBOSA, 2020, p. 04).

Considerando o processo de ensino/aprendizagem da matemática e as possibilidades dispostas pela Robótica Educacional Livre, esta pesquisa possui como principal objetivo desenvolver um robô seguidor de linha, a partir das concepções da Robótica Livre, apresentando as conexões entre os conhecimentos matemáticos e a tecnologia, visando colaborar com a aprendizagem na disciplina e também para com as práticas educativas.

A Robótica Educacional se baseia em uma metodologia em que mecanismos são utilizados como forma de atingir objetivos no processo de ensino/aprendizagem. Os robôs são mecanismos utilizados principalmente nas indústrias, são multifuncionais e exercem várias

atividades antes realizadas pela mão de obra humana: “Os robôs são reprogramáveis, projetados para atuar como manipuladores, fazendo e movimentando peças e materiais. Também podem ter diferentes ferramentas adaptadas à sua extremidade, permitindo fazerem soldagem, pintura, furação, corte, polimento, entre outras funções” (CRUZ; *et al*, 2013, p. 08).

Ao se tratar do âmbito educativo, os robôs assumem um aspecto menos industrial, mais voltado para a elaboração de conhecimento através da prática e manuseio. Através da Robótica Educacional, busca-se “[...] potencializar aos alunos meios tecnológicos e eficientes para que os mesmos, auxiliados pelos professores, possam construir um processo de aprendizagem que permita o aluno interagir com o objeto de estudo” (ORTOLAN, 2003, p. 44).

A Robótica Educacional se baseia em um elemento de potencialização e problematização para os estudantes, transformando sua vida educacional em um ambiente de desafios, “[...] uma vez que deverão usar o máximo de suas potencialidades para aprender de forma integrada, ou seja, entre teoria e prática e, principalmente, entre as diferentes disciplinas” (ORTOLAN, 2003, p. 45).

A construção dessa pesquisa se deu a partir do surgimento das seguintes indagações: Enquanto professora da educação básica de ensino, como construir um robô seguidor de linha em associação com as atividades matemáticas abordadas no processo de ensino/aprendizagem na Educação Básica? Como se constitui os materiais educativos da produção um robô seguidor de linha, por meio do reaproveitamento de materiais de sucata?

Foi empregado o método exploratório de caráter descritivo pautado em uma investigação bibliográfica. “As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 2008, p. 27).

Com a realização da pesquisa bibliográfica buscou-se identificar estudos com temática semelhante à aqui proposta. Para sua construção foram utilizadas as bases de dados da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD e do Catálogo de Teses & Dissertações – CAPES. Foram empregados os seguintes descritores: Formação de professores de Matemática em Robótica; Robótica Livre *and* formação de professores em Matemática.

Definiu-se como critérios de inclusão: teses e dissertações produzidas em Programas de Pós-graduação do Brasil entre o período de 2015 a 2021 com temática relacionada à formação de professores de matemática em robótica. Foram excluídos os estudos publicados em outros formatos e/ou em línguas estrangeiras.

Para a análise do processo fez-se uso da abordagem qualitativa. Essa abordagem nos deu a possibilidade de compreender o processo a ser desenvolvido em sua totalidade, demonstrando suas faces técnico-numéricas (cálculos e custos para desenvolvimento do robô), mas também pedagógicas (possibilidades de aplicação do processo em práticas do Ensino de Matemática com foco no aperfeiçoamento das mesmas e maximização da aprendizagem).

A partir dos resultados será possível inovar nas metodologias utilizadas para a compreensão dos conteúdos matemáticos. Além dos benefícios relativos à Matemática e sua aprendizagem, a pesquisa também permitirá a ampliação do processo de democratização do acesso à robótica, que até então tem estado restrita às instituições e indivíduos dotados de recursos para sua aquisição. Também foram feitas pertinentes colocações ao conjunto de estudos já existentes, construindo correlações, e possibilitando a construção de futuras investigações.

2. A ROBÓTICA EDUCACIONAL

A robótica educacional teve como precursor Seymour Papert ainda na década de 1960. Segundo Gomes (2010, p. 206)

> A robótica educativa não é jovem, tendo surgido por volta da década de 1960, quando seu pioneiro Seymour Papert desenvolvia sua teoria sobre o construcionismo e defendia o uso do computador nas escolas como um recurso que atraía as crianças. Pode ser definida como um conjunto de conceitos tecnológicos aplicados à educação, em que o aprendiz tem acesso a computadores e softwares, componentes eletromecânicos como motores, engrenagens, sensores, rodas e um ambiente de programação para que os componentes acima possam funcionar. Além de envolver conhecimentos básicos de mecânica, cinemática, automação, hidráulica, informática e inteligência artificial, envolvidos no funcionamento de um robô, são utilizados recursos pedagógicos para que se estabeleça um ambiente de trabalho escolar agradável.

A Robótica Educacional se baseia em uma metodologia em que mecanismos são utilizados como forma de atingir objetivos no processo de ensino/aprendizagem.

> Até o momento, a maioria das utilizações das tecnologias em robótica na educação tem como foco dar suporte ao ensino de conteúdos que são próximos ao campo da robótica enquanto ciência, como a programação de robôs, construção e mecatrônica. Além disso, outra abordagem comum é utilizar a robótica no aprendizado de conceitos de áreas correlatas como a física, ciências e matemática (CAMPOS, 2017, p. 2114).

A Robótica Educacional se constitui em um elemento de potencialização e problematização para os estudantes, transformando sua vida educacional em um ambiente de

desafios, “[...] uma vez que deverão usar o máximo de suas potencialidades para aprender de forma integrada, ou seja, entre teoria e prática e, principalmente, entre as diferentes disciplinas” (ORTOLAN, 2003, p.45). A Robótica Educacional, dentre suas várias contribuições para o processo de ensino/aprendizagem, torna as aulas mais dinâmicas e atrativas.

> A robótica educacional visa levar o aluno a questionar, pensar e procurar soluções, a sair da teoria para a prática usando ensinamentos obtidos em sala de aula, na vivência cotidiana, nos relacionamentos, nos conceitos e valores. Possibilita que o aluno, como ser humano concebido capaz de interagir com a realidade, desenvolva capacidade para formular e equacionar problemas (NASCIMENTO, 2021a, p. 02).

A robótica inserida em ambiente educativo exercita o raciocínio lógico por meio de práticas de projeção, controle, programação, experimentação e reflexão em prol da resolução de problemas.

> Outro benefício muito visível com o uso da robótica educacional é o aumento da autoestima do aluno, que sente orgulho ao ver que é capaz de construir um robô e resolver problemas. A percepção visual é estimulada quando o aluno estuda as formas das peças, onde e como estas podem ser usadas, bem como os movimentos que o robô realiza. Há ainda o trabalho com a percepção espacial, uma vez que o estudante trabalha questões relacionadas à lateralidade e estuda a melhor forma de comandar seu robô considerando o espaço disponibilizado (NASCIMENTO, 2021a, p. 03).

A Robótica Educacional já é utilizada como base metodológica de aprendizagem em uma série de projetos em escala nacional e mundial, sendo vista como diferenciação devido ao seu teor de inovação.

Como podemos observar ao longo dos trechos supracitados, a Robótica Educacional assume papel fundamental devido ao incentivo que a mesma exerce em aspectos relacionados a autonomia do estudante em meio ao processo de ensino/aprendizagem, pois, embora o professor atue como facilitador das práticas, é o discente quem desenvolve e coordenada os mecanismos robóticos. “A robótica, então, assume o papel de uma ponte que possibilite religar fronteiras anteriormente estabelecidas entre as disciplinas envolvidas, assegurando a cada um seu caráter propriamente positivo, segundo modos particulares e com resultados específicos” (ORTOLAN, 2003 p. 45).

> Sob esta perspectiva o ensino da robótica consegue remeter a novas formas de aprendizado tais como o aprendizado por experimentação e colaboração, tornando a robótica uma vivência divertida, explicativa sobre questões técnicas/teóricas que agora podem ser vistas, testadas e replicadas em aulas práticas. Isto garante ao educando que ele possa construir seu próprio aprendizado, criando um elo entre ciência e tecnologia, baseado sobre o cotidiano e entorno social do mesmo (POLINI *et al*, 2020, p. 03).

Contudo, de acordo com Azevedo *et al* (1999, p. 19)

> Efetivar o uso de instrumentos tecnológicos em sala de aula requer mudanças de posturas na estrutura escolar, tanto a nível pedagógico quanto a nível institucional, abarcando, neste último nível, aspectos políticos e administrativos. Assim, a implantação das novas mídias no ambiente escolar permite a renovação do ensino-aprendizagem não só de alunos, mas também da categoria docente e dos gestores da instituição. Demanda um novo pensar e fazer pedagógico; e a gestão escolar ocupa um lugar especial nesta mudança.

Mesmo em meio a essa série de possibilidades de abordagens positiva na educação, de acordo com as considerações de Campos (2017), o que se vê em grande parte das aplicações da robótica são trabalhos mecanizados e sem direcionamento crítico e reflexivo devido à inadequação da postura assumida. De acordo com Campos (2017, p. 2116)

> A indústria da robótica, até o momento, vislumbra os humanos usando robôs pré-programados e pré-fabricados. A forma com que os robôs são feitos e programados são "caixas pretas" para seus usuários, pois a tecnologia já vem pronta, tornando-os meros consumidores. Infelizmente, o mesmo método da "caixa preta" é utilizado nos ambientes de robótica educacional, onde o robô é construído ou programado antecipadamente, sendo introduzido na atividade como um fim ou uma ferramenta passiva.

Assim, a utilização da robótica educacional, assim como as demais práticas e métodos existentes no meio educativo, necessita de planejamento, bem como de um processo de amadurecimento estratégico e alinhamento com o currículo educacional, a estrutura escolar, as concepções de docência, e por fim, as necessidades do aluno.

2.1 ROBÓTICA EDUCACIONAL, ENSINO DE MATEMÁTICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Essa sessão apresenta um conjunto de estudos relacionados ao uso da Robótica Educacional no ensino de matemática produzidos nos últimos anos. As obras apresentadas foram selecionadas após um processo de busca em duas bases de dados: a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Foram incluídas obras produzidas entre 2015 a 2020, com temática relacionada à formação de professores de matemática em robótica, com vista a construção de um panorama atualizado sobre o tema.

No estudo desenvolvido por Rodrigues (2015) intitulado *Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6º ao 9º Ano do Ensino Fundamental: utilização*

da metodologia LEGO® Zoom Education objetivou-se elaborar, implementar e analisar uma sequência didática envolvendo robótica educacional e matemática (com enfoque aos números racionais).

Concernente aos aspectos metodológicos, utilizou-se a metodologia de educação tecnológica da LEGO® Education em alinhamento com seus quatro eixos centrais, os verbos contextualizar: estabelecimento de pontes entre o conteúdo que está sendo apresentado e os conhecimentos que já foram adquiridos; construir: compreensão e resolução da situação-problema apresentada; analisar: observar de forma crítica aquilo que foi desenvolvido, detectando supostos erros e possibilidades de avanço; continuar: possibilidade de ir além, obter novos conhecimentos e refinar os já adquiridos (RODRIGUES, 2015).

Sob apoio de um Analista de Suporte em Informática, o processo de realização das atividades práticas foi dividido em duas etapas, com duração total de aproximadamente quatro horas. Vale ressaltar que as atividades foram desenvolvidas em horário extraescolar, ou seja, os estudantes participaram de forma voluntária. "Para todas as atividades realizadas com os Anos em questão [6º, 7º, 8º, 9º], os estudantes formaram grupos com três integrantes para entender/interpretar o contexto dos problemas propostos, fazer a montagem, resolver as situações-problema e propor ou resolver novas situações" (RODRIGUES, 2015, p. 32).

Após o processo de intervenção, foram colocados em pauta alguns questionamentos com o objetivo de instigar a curiosidade dos estudantes sobre a temática. Dentre as questões postas destaca-se: Como seria" no novo projeto de calculadora de frações para realizarmos adição de frações com denominadores diferentes dos que temos no encarte? Como seria a programação para uma calculadora que realizasse subtração de frações? O que daria para aproveitar da calculadora utilizada?" (RODRIGUES, 2015, p. 40).

Quadro 1 – Atividades específicas do 7º ano do Ensino Fundamental

	7º ANO
Conteúdo	Razão e proporção
Objetivo Principal	Propor a utilização do Buggy para o cálculo da razão entre a distância percorrida e o tempo gasto, e fazer os estudantes perceberem que, com a força do motor constante, a proporção entre as grandezas (espaço e tempo) se mantem no decorrer de um determinado percurso.
Objetivos Específicos	- Fixar e conceituar razão e proporção; - Interpretar razão;

	- Converter unidades de medida de comprimento; - Construir e interpretar gráficos com o auxílio de tabelas; - Prever fenômenos de comportamento linear; e - Utilizar instrumentos tecnológicos e de medida.
Questões Centrais	- Um carro comum possui um instrumento que serve para medir a velocidade média, como se chama esse instrumento? - Caso não tenhamos um instrumento desses, como é possível calcular a velocidade média de um carro, bicicleta ou até mesmo de uma pessoa andando ou correndo? - Que conceito matemático fundamenta o cálculo da velocidade de um carro, por exemplo? - O que é uma razão? - O que é uma proporção?
Recursos	- Buggy - Maleta LEGO Mindstorms - Manual de montagens. - Trena, régua ou fita métrica. - Cronometro (de um celular). - Fita adesiva branca. - Computador com o software NXT 2.0 Programming.
Resultados	- Alguns grupos não souberam converter as unidades de medidas de comprimento, tais como metro e centímetro. - Os grupos não demonstraram dificuldades em construir os gráficos de cada tabela solicitados, apenas hesitaram em ligar os pontos plotados no plano cartesiano, que devido às imprecisões das anotações de tempo e das aproximações dos cálculos das razões.
Conclusões	A atividade foi desenvolvida de forma satisfatória e de maneira geral a turma não apresentou dificuldades em realizá-la.

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2015).

Assim como realizado com a turma de 6º ano, ao fim do processo de intervenção um novo questionamento foi posto para incentivar a pesquisa e despertar a curiosidade da turma. Relacionado ao Buggy em movimento e a medicação do tempo necessário para realizar o percurso e consequentemente medir a velocidade relacionando distância e tempo numa razão. “Sendo assim, como seria possível o próprio Buggy realizar esse cálculo na base de seu

algoritmo, ou seja, como podemos criar um mecanismo no qual o Buggy mostre a velocidade média no visor do NXT simulando um velocímetro?" (RODRIGUES, 2015, p. 52).

Quadro 2 – Atividades específicas do 8º ano do Ensino Fundamental

	8º ANO
Conteúdo	Contagem, razão e proporção.
Objetivo Principal	Apresentar a contagem através de materiais concretos, permitindo a verificação de hipóteses, fixação de ideias, emissão de juízos e tomada decisões.
Objetivos Específicos	- Introduzir e conceituar o princípio fundamental da contagem. - Resgatar o conceito de razão. - Interpretar razão e proporção. - Introduzir o conceito de probabilidade.
Questões Centrais	- Será que existe algum modo de calcular as chances de se obter uma vitória? - Quantas maneiras diferentes conseguimos obter com os resultados da moeda?
Recursos	Máquina da Sorte
Resultados	- Aquisição de noções de razão enquanto probabilidades, ou seja, resultados prováveis ou as chances de determinado resultado acontecer. - Os estudantes perceberam que é mais fácil utilizar o princípio fundamental da contagem a ficar desenhando todas as combinações.
Conclusões	A prática mostrou aos estudantes a coerência com a teoria e como utilizar os princípios aprendidos em sala de aula para a tomada de decisão no dia a dia. O aprendizado com seus erros mostrou aos estudantes que os mesmos podem ser autônomos do próprio conhecimento.

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2015).

Diferentemente do ocorrido nas turmas anteriores, não foram propostas novas questões aos estudantes do 8º ano, visto que demonstraram compreender a situação proposta. Além disso, a aplicação das atividades foi desenvolvida junto a estudantes que já haviam estudado o princípio fundamental da contagem de forma teórica. "Quando foi revisado/resgatado os conceitos de razão e o princípio fundamental da contagem, alguns alunos lembraram que já haviam estudados nas aulas de matemática" (RODRIGUES, 2015, p. 65).

Quadro 3 – Atividades específicas do 9º ano do Ensino Fundamental

8º ANO	
Conteúdo	Grandezas físicas: tempo, distância e velocidade
Objetivo Principal	Estimulação do espirito de equipe a fim de favorecer a troca de experiências entre os integrantes. Além disso, o contato direto com as grandezas físicas como o tempo, distância e velocidade introduzirá os elementos iniciais no estudo da Física no 1° Ano do Ensino Médio, facilitando o avanço e aprofundamento desses conceitos.
Objetivos Específicos	- Conceituar funções através de fenômenos do cotidiano. - Prever fenômenos de comportamento linear. - Relacionar espaço e tempo com o objetivo de introduzir Física e seus objetos de estudo. - Modelar situações-problema por meio de equações e sistemas de equações do primeiro grau. - Utilizar recursos tecnológicos. - Revisar fração e proporção. - Interpretar, converter e realizar operações com unidades de medidas.
Questões Centrais	Como a Matemática pode nos auxiliar a prever fenômenos do cotidiano?”,
Recursos	- Buggy
Resultados	- Os estudantes demonstraram possuir uma ampla experiência com os materiais da LEGO® Zoom, adquirida de anos anteriores, fato que ocasionou uma rápida montagem do Buggy e também da sua fácil programação. - Os estudantes mostraram destreza ao programarem os carrinhos, pois possuíam conhecimento básico de programação e algoritmos. - Percebeu-se que os estudantes tiveram a noção das unidades de medida, ou seja, sabiam relacioná-las, porém não se atentaram em explicitá-las ao lado dos valores numéricos das determinadas grandezas.
Conclusões	Os estudantes puderam compreender que a teoria e a prática, apesar de estarem interligados, exigem observações e análises mais detalhadas dos problemas reais. Além disso, os estudantes obtiveram uma preparação inicial ao utilizarem elementos básicos da Física, sem necessariamente dar enfoque à Física, mas à Matemática.

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2015).

Ao fim da atividade, foram postas as seguintes questões:

> Se os carrinhos se movimentassem segundo uma razão na qual fizesse variar a velocidade? Como faríamos os cálculos? No entanto, devido a limitação do tempo, não foi possível realizar a reflexão sobre tais indagações, sendo assim, foram deixadas com o objetivo de gerar novas curiosidades nos estudantes (RODRIGUES, 2015, p. 82).

Feito o processo de intervenção nas quatro turmas, o autor afirmou que, "ao trabalhar especificamente com os materiais da LEGO®, percebo um envolvimento e um entusiasmo maior por parte dos estudantes em relação a qualquer outra atividade que faço" (RODRIGUES, 2015, p. 83). O pesquisador também aponta que a satisfação dos estudantes em trabalhar com este material reside no protagonismo atribuído aos mesmos, "colocar a 'mão na massa', discutir com os colegas, ter responsabilidades, errar, observar o erro e logo em seguida fazer de maneira adequada, construir sua própria ferramenta e logo mais utilizá-la para resolver situações-problema [...]" (RODRIGUES, 2015, p. 83).

Por fim, Rodrigues (2015), ressalta o tempo como sendo o maior impediente da ampliação das reflexões do projeto, porém, acredita "ter plantado uma semente de curiosidade nos estudantes e que em momento oportuno os mesmos utilizarão algum conceito aprendido nessas atividades durante suas vidas" (RODRIGUES, 2015, p. 84).

Assim como em Rodrigues (2015), no estudo de Barbosa (2016), intitulado Rede *de Aprendizagem em Robótica: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens*, é apresentada uma proposta voltada à formação robótica de estudantes da Educação Básica.

Neste estudo, inicialmente foram elaboradas atividades no âmbito de um Subprojeto de Matemática do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), em uma instituição pública de Minas Gerais. Seu objetivo principal consistiu em compreender qual a perspectiva do desenvolvimento de um trabalho coletivo de robótica educacional com estudantes do ensino médio (BARBOSA, 2016). Na primeira sessão o autor construiu um panorama do estado dos estudos sobre Robótica educacional no Brasil, que subsidiou teoricamente o planejamento e execução das ações. Uma das ferramentas essenciais para o desenvolvimento do estudo foi a abordagem nas redes sociais, dado que contribuiu com a aproximação entre os alunos e os demais envolvidos (BARBOSA, 2016).

A análise dos dados da pesquisa foi dividida nos seguintes eixos: Movimento de Aprendizagem em Rede com Robótica; Os Diferentes Papéis nos Acontecimentos de Robótica; Experiências em Engenharia e Tecnologia. Durante as primeiras aulas, o pesquisador pôde identificar a apatia por parte dos jovens, que sequer conheciam o significado do termo LEGO, kit utilizado no processo. A partir desse comportamento pôde-se perceber que a falta de conexões entre os conteúdos trabalhados em sala de aula e a prática trazem efeitos negativos ao

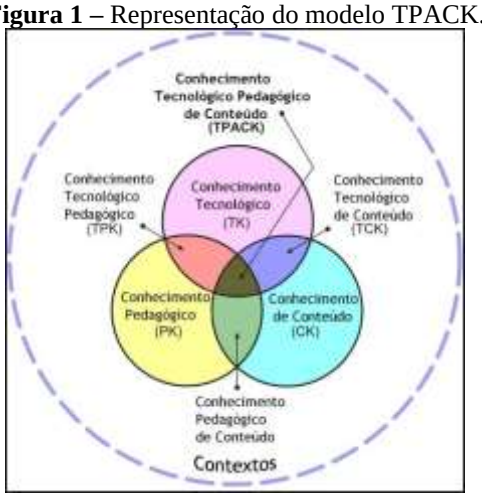
processo de ensino/aprendizagem. Conceder protagonismo e autonomia aos envolvidos, colocando-os em posição de monitores e competidores em torneios, possibilitou com que uma nova visão pudesse ser construída sobre a formação dos estudantes a partir de práticas indivíduas e coletivas (BARBOSA, 2016).

Os dois estudos anteriores apresentam um enfoque em grupos de estudantes. Já no estudo de Alexandrino (2017) intitulado *Uma discussão sobre Robótica Educacional no contexto do modelo TPACK para professores que ensinam matemática*, os professores protagonizaram as práticas propostas. O desenvolvimento de investigações voltadas a formação de professores de matemática com relação à robótica são fundamentais ao processo de democratização desses novos recursos.

Nessa pesquisa buscou-se problematizar as possibilidades de utilização da robótica educacional e debater a formação de professores para uso da tecnologia em processos de ensino/aprendizagem. A fim de sistematizar os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso de pesquisa em um produto que contribuísse com a esfera educativa, foi elaborado um blog sobre a temática (ALEXANDRINO, 2017).

O autor, partindo de suas experiências enquanto docente da Educação de Jovens e Adultos-EJA, aponta que, através robótica educacional o estudante pode desenvolver suas habilidades de descoberta, criticidade e de resolução de problemas. A fim de subsidiar as práticas desenvolvidas, fez-se uso do modelo TPACK (Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo) que discute a importância da formação continuada dos professores para uso da tecnologia educacional. Considerando as diferentes áreas e suas especificidades, o modelo TPACK enfatiza a importância de se construir estratégias de ensino baseadas nos diferentes domínios do conhecimento e pode ser representado pelo esquema a seguir.

Figura 1 – Representação do modelo TPACK.



Fonte: Punya Mishra'S Web (S/D, p. 01).

Como podemos observar acima, as relações estabelecidas entre os diferentes conhecimentos (PK, CK e TK) dão origem a novas áreas imprescindíveis ao processo de ensino/aprendizagem com tecnologias, são elas: Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK) Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (ALEXANDRINO, 2017).

O autor também estabeleceu pontes entre o modelo supracitado e a vertente construcionista, indicando que a relação dessa teoria com a robótica educacional permite a construção de discussões em benefício da elaboração de novos conceitos e consequentemente, conhecimentos. Segundo Maltempi (2005, p. 03), o Construcionismo exprime que o aprendizado ocorre em situações em que o estudante se encontra motivado em elaborar algo significativo no ponto de vista pessoal "[...] (por exemplo, um poema, uma maquete ou um website), que possa ser mostrado a outras pessoas. Portanto, ao conceito de que se aprende melhor fazendo, o Construcionismo acrescenta: aprende-se melhor ainda quando se gosta, pensa e conversa sobre o que se faz". E nessa perspectiva foram desenvolvidas práticas com estudantes do curso de Licenciatura em Matemática da UDESC.

Para que a construção do blog fosse viabilizada, o autor atuou em conjunto com um grupo de bolsistas de iniciação científica (IC) de graduação da Universidade Estadual de Santa Catarina-UDESC que desenvolvia projetos na área de robótica educacional. O blog[1] desenvolvido objetivou colaborar com professores que desejarem acessar informações que contribuam com sua formação e subsidiem o uso da tecnologia educacional em sala de aula. Sua construção fez uso da plataforma gratuita WIX (ALEXANDRINO, 2017).

Por fim, Alexandrino (2017) ressalta que, implementar a robótica educacional no currículo é deveras difícil, visto que exige toda uma articulação e organização do tempo para montagem e programação dos robôs. É um processo permeado por problemas, em sua maioria relativos a indisponibilidade orçamentária para aquisição desses recursos. No entanto, além desse fator, a falta de domínio tecnológico por parte do corpo docente também é um agravante. Maciel Junior (2017), em sua pesquisa de mestrado intitulada *Uma proposta de estudo da autonomia docente de professores de ciências e de matemática em exercício*, buscou analisar questões relacionadas a autonomia de um grupo de docentes de Ciências e Matemática tendo como base experiências vivenciadas em um curso de robótica educacional. O curso em questão,

[1] Endereço do blog: https://tecmid.wixsite.com/roboticaeducacional

desenvolvido sob a perspectiva dos autores Contreras (2012) e Habermas (2004), possibilitou a compreensão de conteúdos ainda distantes de parte do professorado.

Essa pesquisa buscou atribuir o protagonismo das ações educativas aos professores e estudantes, mas sem quaisquer pretensões de reduzir a importância dos conteúdos ou práticas. Prezando pelo desenvolvimento do professor e aprendiz, a investigação foi fundamentada em princípios de autonomia docente postulados por José Contreras e por pressupostos referentes as habilidades comunicativas apresentados por Habermas em sua obra Teoria do Agir Comunicativo.

O estudo foi realizado a partir de um curso ofertado por meio de um projeto de extensão da do IFPR/Palmas, devido a isso. Segundo Maciel Júnior (2017, p. 73) "Foi aberta a participação para todos os professores de Ciências e Matemática do ensino fundamental, bem como aos professores de Matemática, Física, Química e Biologia do ensino médio". De imediato pôde-se constatar o desinteresse de parte dos professores pela proposta e já no início do curso um conjunto de problemas puderam ser identificados, acarretando desistências.

Na primeira fase do curso foram estruturadas práticas de montagem e análise de circuitos de controle. Na segunda fase do curso os professores que permaneceram e manifestaram maior interesse, o que pode ter sido resultado da compreensão do funcionamento dos robôs e da possibilidade de aplicação desses conhecimentos no processo de montagem.

Após a análise do processo, pôde-se constatar certa tendência limitante da autonomia do professor, o que ocorre principalmente pela hipervalorizarão da estrutura curricular e dos conteúdos que a compõem. Além disso, ressalta-se que os procedimentos adotados no curso de robótica privilegiaram "[...] a resolução de problemas práticos como significadores para o estudo dos conteúdos curriculares e o uso da racionalidade comunicativa no processo de construção intersubjetiva do conhecimento" (MACIAL JUNIOR, 2017, p. 101-102).

O conhecimento tecnológico é um fator determinante para que a abordagem da robótica no ensino de matemática ocorra de modo a contribuir com o processo de ensino/aprendizagem. A formação de conceitos sob apoio de kits robóticos tem sido uma alternativa para algumas instituições. No entanto, os altos custos ainda inviabilizam a inserção desses instrumentos em sala de aula.

Na pesquisa desenvolvida por Silva (2018) *Pensamento computacional e a formação de conceitos Matemáticos nos anos finais do ensino fundamental: uma possibilidade com kits de robótica*, buscou-se analisar o processo de formação de conceitos matemáticos de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental II, em consonância ao desenvolvimento do Pensamento

Computacional, por meio da realização de atividades com robótica. Especificamente, objetivou-se compreender a formação de conceitos sobre a significação do resto da divisão euclidiana e congruência de números inteiros (módulo n). Esse processo foi realizado através da utilização de kits de robótica e programação. O estudo também buscou contribuir com a instituição campo de investigação a partir de um trabalho em proximidade com a professora regente da disciplina Práticas de Matemática (SILVA, 2018).

Ao realizar a análise das experiências, o autor pôde constatar que o exercício do pensamento computacional amplifica a autonomia do estudante assim como sua curiosidade sobre os conteúdos matemáticos. Em alguns estudantes esse aprendizado "[...] contribuiu para que o novo conhecimento se tornasse parte do seu desenvolvimento real, que o fez desenvolver um novo conhecimento no nível do desenvolvimento potencial sobre o conteúdo "congruência entre números inteiros (módulo n)" (SILVA, 2018, p. 234). De acordo com o autor, o "Pensamento Computacional em atividades de robótica contribui para a formação de conceitos matemáticos através do reconhecimento de padrões, decomposição, raciocínio algoritmo e abstração [...]" (SILVA, 2018, p. 235). Ele finaliza seu texto expressando a necessidade de se dar continuidade a estudos que abordem a robótica na disciplina de matemática assim como a importância do exercício do Pensamento Computacional do estudante.

Galvão (2018), em seu estudo intitulado *Robótica educacional e o ensino de matemática: um experimento educacional em desenvolvimento no ensino fundamental*, construiu uma discussão acerca de aspectos de processos formativos de professores no que se refere à Robótica Pedagógica. Nesse sentido, foi realizada uma investigação acerca da experimentação enquanto técnica de aprimoramento dos índices de aprendizado de conteúdos matemáticos. Para isso foram utilizados objetos de Robótica Educacional em uma turma de 7º ano de ensino fundamental de uma escola municipal de Santarém – PA, em uma intervenção norteada por concepções da Teoria Histórico-Cultural. A sequência de atividades desenvolvida foi organizada em três módulos. O primeiro módulo buscou "[...] capacitar os estudantes para o uso do kit do Arduino trabalhando com os códigos iniciais da programação da placa" (GALVÃO, 2018, p. 59).

Já o segundo módulo foi composto por exercícios práticos com o uso da Robótica Educacional. E por fim, o terceiro módulo visou "[...] desenvolver atividades de demonstrações das relações métricas e teoremas, com enfoque no Teorema de Pitágoras e de Tales, utilizando-se problemas de Matemática e técnicas de robótica mais avançadas" (GALVÃO, 2018, p. 62). Segundo o autor,

> Através dos módulos, pode-se destacar a relação com a Zona de Desenvolvimento Proximal, pois os alunos acabam aprendendo os conteúdos propostos através da mediação do experimento de ensino com a robótica educacional. Eles saem de um nível de conhecimento, são trabalhados para aprenderem até conseguirem realizar suas atividades de maneira independente. Dessa forma, iniciando um novo ciclo para o ZDP confirmado nas análises da pesquisa (GALVÃO, 2018, p.63).

Ressalta-se que todo o processo de aplicação das atividades foi mediado com base em suas zonas de desenvolvimento proximal (ZDP). Além disso, o exercício do trabalho em grupo permitiu que ideais de equipe e colaboração fossem reforçados, contribuindo com as relações entre os próprios estudantes dentro e fora da sala de aula (GALVÃO, 2018).

Outro ponto de destaque nesse estudo se situa no envolvimento dos professores participantes no que se refere ao uso das tecnologias em sala de aula, visto que esses puderam perceber a importância da formação continuada enquanto instrumento de atualização do profissional docente. No entanto, ressalta-se que houveram problemas de implementação da proposta de intervenção, como: tempo inadequado disponibilizado pela escola, o desconhecimento das ferramentas tecnológicas por parte dos professores, o espaço limitado do laboratório de informática, dentre outros (GALVÃO, 2018).

Nesse contexto e globalização, é fundamental que os professores e estudantes desenvolvam suas habilidades de manuseio de instrumentos tecnológicos. No estudo de Oliveira (2020) intitulado *Robótica pedagógica para o ensino de ciências em santo Antonio do Tauá – Pará*, buscou-se "Compreender em que termos a educação 4.0, por meio da Robótica Pedagógica, pode contribuir para o ensino de ciências no ensino fundamental, 9º ano – anos finais, na rede pública municipal de Santo Antônio do Tauá – Pará" (OLIVEIRA, 2020, p. 26). Mais especificamente, foram abordados aspectos de comprovação da importância da tecnologia para a educação matemática.

Situando-se no campo de estudos da Robótica Pedagógica foi desenvolvido um processo de identificação e compreensão das ferramentas IDE Arduino e Ardublockly e as metodologias adequadas para sua abordagem em sala de aula. Nesse sentindo, foi traçado um plano de ação para o uso dessas ferramentas com vista a análise de sua eficácia enquanto instrumentos potencializadores da aprendizagem (OLIVEIRA, 2020).

O processo de intervenção realizado foi norteado pela perspectiva das metodologias ativas de ensino, que incentivam "[...] o aluno a fazer e pensar no que está realizando, o que torna a absorção do conteúdo ainda mais eficiente, pois o cérebro registra os detalhes que o aluno se lembrará mais tarde com facilidade (OLIVEIRA, 2020). Dentre as formas ativas de

aprendizagem, destacam-se: Aprendizagem baseada em problemas, Aprendizagem baseada em projetos, Aprendizagem entre times e a sala de aula invertida

Ao fim do processo de intervenção foi desenvolvido um e-book incluindo todas as atividades realizadas, seus resultados e procedimentos. Também foram produzidos vídeos de apoio com links e QRs Codes de acesso ao Youtube. Como produto da pesquisa, obteve-se um kit de apoio ao professor na implementação da robótica em sala de aula. Esse kit é composto pelos seguintes itens: "1. E-book com atividades da Robótica Pedagógica; 2. Vídeos explicativos das atividades previstas no E-book; 3. Simulação das atividades no Tinkercard para os docentes e estudantes que não possuem o kit educacional" (OLIVEIRA, 2020, p. 57).

Como resultados, pôde-se constatar um aumento significativo do interesse dos estudantes pelo estudo das ciências. Além disso,

> Os próprios discentes reconheceram a importância da robótica pedagógica na contribuição para a aprendizagem o que motivou ao aumento na vontade de estudar não só os conteúdos e tarefas obrigatórias em sala de aula, mas também a vontade de estudar em casa, pois as análises desses estudos demonstram um aumento no entender dos conceitos relacionados à ciências, no gosto de estudar para 46% onde em princípio era 40%, assim também o aumento interessa pelos assuntos cotidianos que se relacionam com o ensino de ciências subiu de 17% para 83% (OLIVEIRA, 2020, p. 83-84).

Por fim, este estudo apresentou a Robótica Pedagógica através do Ardublockly, "[...] enquanto forma significativa do ensino na escola fundamental, o que permite aos interessados nessa linha do conhecimento, a busca de tecnologias alternativas como o Arduino e estudos que possam nortear a consolidação da Robótica Pedagógica no currículo da educação básica" (OLIVEIRA, 2020, p. 84).

Seguindo a perspectiva de experimentação de recursos robóticos no processo de ensino/aprendizagem proposta por Oliveira (2020) no estudo de Zilio (2020) intitulado *Robótica educacional no ensino fundamental I: Perspectivas e práticas voltadas para a aprendizagem da Matemática* buscou-se investigar a Robótica Educacional enquanto instrumento de potencialização da aprendizagem da Matemática no 5º ano do Ensino Fundamental (ZILIO, 2020).

De modo específico, a autora realizou um processo de entendimento dos princípios básicos da Robótica Educacional em alinhamento com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel no que se refere a aprendizagem de conteúdos matemáticos. Através desse momento inicial de compreensão teórica dos campos investigados, foi realizada uma intervenção com estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental da rede municipal de

Farroupilha/RS (ZILIO, 2020). Segundo a autora, a metodologia empregada possuiu caráter misto, abrangendo aspectos teóricos da Educação e Ensino da Matemática em abordagem e qualitativa.

O estudo foi dividido em três artigos. No primeiro, *Aprendizagem significativa: perspectivas para potencializar a aprendizagem da matemática*, estabeleceu-se um conjunto de reflexões acerca da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel no que se refere a aprendizagem de conteúdos matemáticos do Ensino Fundamental. No segundo e terceiro artigos, *Robótica educacional: ferramenta para potencializar o aprendizado da matemática no 5º ano do ensino fundamental e O Pensamento Computacional na formação continuada de professores que atuam no laboratório de informática*, foi apresentada uma ação de formação proporcionada à um grupo de professores de Informática do Município de Farroupilha/RS assim como as percepções dos participantes sobre os procedimentos adotados (ZILIO, 2020). A oficina buscou "investigar se o Pensamento Computacional é compreendido pelos professores, e se fazem uso de tal recurso durante as aulas, visto que a BNCC reconheceu a importância de trabalhar a linguagem computacional com os estudantes[...]" (ZILIO, 2020, p. 55).

Após a oficina, os dados obtidos foram submetidos a uma análise através do software Microsoft Office Excel®. Com isso pôde-se perceber que os conceitos referentes ao Pensamento Computacional tem sido pouco explorados pelos professores pesquisados, reafirmando que práticas de formação se fazem necessárias (ZILIO, 2020).

Com base nos estudos apresentados ao longo desse tópico podemos perceber que a Robótica Educacional tem sido largamente investigada nos últimos anos. Ressalta-se também a pluralidade das interpretações e teorias utilizadas nos estudos com vista ao aperfeiçoamento do ensino de conteúdos matemáticos. No entanto, ao se tratar de estudos com enfoque nos processos de formação de professores para a robótica educacional, poucos estudos foram localizados.

Sobre os estudos acima apresentados, cinco desenvolveram investigações pautadas no estudante e na robótica enquanto instrumento potencializador do ensino de matemática. Embora um estudo traga em seu texto o ensino de ciências, ao realizar a leitura minuciosa percebeu-se que o autor se referia as ciências matemáticas, o que justifica sua inclusão nessa sessão. Os dois estudos restantes foram pautados em um processo de contribuição com professores e no que se refere a formação em robótica. Nesses estudos fez-se uso predominante dos seguintes materiais: Modelo Tpack; kits LEGO®; Zoom Education; plataformas code.orge e makecode.microbit.org; IDE Arduino e Ardublockly.

Com base nas intervenções e propostas dos estudos, reafirma-se a necessidade de investigações direcionadas ao uso da robótica livre no ensino de matemática.

2.2 UM TIPO ESPECIAL DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA

De forma ampla, a Robótica Educacional surgiu com o objetivo de colaborar com o processo de ensino/aprendizagem através da disponibilização de recursos dinâmicos e atrativos. Nesse momento de "[...] disseminação da robótica no ambiente de ensino surgiram os kits proprietários, assim chamados, que tentam tonar mais flexível a metodologia de ensino, fazendo com que os alunos tenham um maior acesso no ambiente de programação e modelagem dos robôs" (OLIVEIRA *et al*, 2011, p. 02). Esses kits, em sua maioria importados, são marcados por seus altos custos e dentre seus principais modelos podemos destacar a plataforma LEGO Mindstorms. O kit LEGO "[...] consiste de um conjunto de peças plásticas para a construção de modelos mecânicos, que permite a aprendizagem através da elaboração de projetos, inventando e experimentando sistemas controlados por computador, tais como a robótica pedagógica" (OLIVEIRA *et al*, 2011, p. 03).

Antunes (2016) aponta que a Robótica Educacional em suas diversas variáveis está sendo largamente utilizada nos últimos anos. Essa utilização ocorre na maioria das vezes por meio de kits de robótica educativa desenvolvidos tanto no Brasil como no exterior, e que são comercializados com o intuito de atender principalmente a demanda escolar. Nesse sentido, podemos perceber o quão benéfica a robótica pode ser em âmbito educacional quando aplicada de forma respaldada em estratégias bem definidas de ensino. No entanto, não podemos negligenciar seu teor ainda pouco acessível as massas populares, visto que grande parte de seus componentes possui valor financeiro relativamente alto.

Em contraposição a Robótica Educacional comercializada e não acessível para a maior parte da população César (2013) propõe a Robótica Pedagógica Livre, que compreende 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, p. 55). Em alinhamento com a definição de César (2013), Aroca (2012, p. 11), aponta que Robótica Livre [...] consiste em aproveitar materiais, peças e equipamentos que seriam descartados (sucatas), para a construção de robôs".

De acordo com César (2013, p. 55) “As soluções livres – desenhos da placa de circuito impresso, especificações técnicas, desenho lógico do circuito eletrônico, softwares livres (utilizados e/ou embarcados na construção do artefato) e o processo de montagem – dão origem aos chamados hardwares livres”. Para Antunes (2016), a utilização de softwares livres é muito relevante para a construção do conhecimento

> Nesta perspectiva da robótica pedagógica livre, acredita-se que educandos e educadores possam estar diante de uma poderosa ferramenta de construção do conhecimento, uma vez que o software que será utilizado para controlar o robô possui código fonte aberto, tornando possível a modificação de outros usuários o que oportuniza melhorias nos projetos, além da possibilidade de distribuição e compartilhamento (ANTUNES, 2016, p. 46).

Para que a implementação sustentável da Robótica Educacional Livre, Oliveira *et al* (2021, p. 04) postula que “[...] é necessária a especificação de um kit de robótica educativa, com hardware e software documentados e definidos de forma didática, para que possa ser utilizado em larga escala por professores e estudantes de diferentes modalidades de ensino”. Além disso, para o autor

> [...] é importante que exista uma retro-alimentação das experiências realizadas em sala de aula, indicando sugestões, críticas e criações realizadas na utilização dos kits, bem como fatores subjetivos observados como aumento de motivação e o estímulo da criatividade dos alunos, permitindo a criação de um ambiente de comunicação bidirecional visando à interação entre utilizadores dos kits.

A perspectiva pedagógica da robótica livre, além de disponibilizar novos espaços e métodos de compartilhamento do conhecimento produzido, também auxilia no contorno da problemática relacionada aos custos, pois, a partir de materiais acessíveis como sucatas e compostos eletrônicos reaproveitados, a aplicação desse recurso em sala de aula se torna uma realidade acessível. Oliveira *et al* (2011, p. 09), ainda reforça outros benefícios indicando que permitem

> [...]aos alunos uma interação maior com a construção não somente da estrutura do robô, mas também a construção dos sistemas lógicos e sensoriais, (introduzindo assim conceitos de eletrônica no aprendizado da robótica); além de formação de conhecimento nas áreas de computação e mecânica (OLIVEIRA *et al*, 2011, p. 09).

A Robótica Pedagógica Livre também permite que os alunos pratiquem “[...] uma postura mais ecológica, percebendo que elementos/componentes tidos como lixo podem ser fonte de recursos nos processos de desenvolvimento de novos produtos” (ALBUQUERQUE; *et al*, 2007, p. 319).

Diante do exposto, percebe-se que a robótica livre permite a reutilização de recursos acessíveis a grande parte da população, ou seja, possui uma essência mais inclusiva e seus benefícios são equiparados aos da robótica tradicional.

3. METODOLOGIA

Este estudo possui abordagem qualitativa do tipo exploratória de caráter descritivo pautado em uma investigação bibliográfica. As pesquisas do tipo exploratórias são elaboradas quando se deseja proporcionar uma visão geral sobre o objeto. “Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis” (GIL, 2008, p. 27). O caráter descritivo permite o detalhamento do fenômeno, viabilizando o estabelecimento de conexões entre as diferentes variáveis. “As pesquisas descritivas são, juntamente com as exploratórias, as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais preocupados com a atuação prática” (GIL, 2008, p. 27). A descrição foi fundamental para o processo de detalhamento do planejamento, aquisição das peças e construção do robô.

A pesquisa bibliográfica foi realizada na plataforma da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações e no Catálogo de Teses e Dissertações - CAPES. As buscas ocorreram entre 20/08/2021 a 30/08/2021. Definiu-se como recorte temporal o período de 2015 a 2021. Foram empregados os seguintes descritores: Formação de professores de Matemática em Robótica; Robótica Livre *and* Formação de Professores em Matemática. A pesquisa bibliográfica “[...] permite ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Esta vantagem se torna particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço” (GIL, 2008, p. 50).

Com a busca, foram localizados 06 estudos na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações e 02 estudos no Catálogo de Teses e Dissertações- CAPES. As obras identificadas foram produzidas em Programas de Pós-Graduação de instituições da região Sul, Sudeste e Norte. As obras localizadas apresentam diferentes propostas de análise e intervenção voltadas ao ensino de matemática com o uso da robótica, no entanto, pôde-se constatar que os estudos relacionados a formação de professores de matemática em robótica ainda são escassos.

Ao longo do percurso de construção desse estudo foram realizados encontros semanais que contavam com a participação dos professores Fernando da Costa Barbosa, Daniel da Silveira Guimarães e da professora Élida Alves da Silva. Nesses momentos eram discutidos os delineamentos da pesquisa, que a princípio consistiria na construção do robô seguidor de linha

e de vídeos curtos retratando detalhadamente todo o processo, cuja pretensão era servir de material de apoio para professores. Nos vídeos seriam apresentadas as fases de retirada de componentes, montagem, sequência de peças, etc. Posteriormente, seria desenvolvida uma sequência didática voltada aprendizagem de matemática. Após um longo período de discussão, optou-se pelo descarte da produção dos vídeos e da sequência didática.

Definidos os limites da pesquisa, foi realizada a coleta das sucatas. Esta fase ocorreu na cidade de Catalão e os materiais, em sua maioria, foram adquiridos através de doações de pessoas conhecidas. Alguns componentes como o chinelo e o *roll-on* estavam disponíveis na residência da própria pesquisadora. Após a obtenção dos materiais necessários, fez-se a retirada dos componentes. Esse processo foi realizado em uma sala da UFCAT sob supervisão do Prof. Dr. Daniel da Silveira Guimarães. Essa fase foi realizada aos sábados durante aproximadamente dois meses.

Após a obtenção e retirada dos componentes, foram realizadas reuniões semanais via web conferência pelo Google Meet com um grupo de pesquisa composto pelo Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa, Prof. Dr. Daniel da Silveira Guimarães, Prof.ª Dr.ª Élida Alves da Silva, a aluna do curso de graduação em Matemática da UFCAT Ana Clara, e pela professora autora dessa dissertação. Esse trabalho conjunto visava propiciar a observação de como um docente de matemática do ensino superior, uma professora da rede básica de ensino e uma aluna em formação percebem a construção de um robô. A construção foi norteada pelo estudo *Explorando a Matemática e a Física com o Robô Seguidor de Linha na Perspectiva da Robótica Livre*, elaborado por Guimarães, Silva e Barbosa (2020).

A abordagem qualitativa foi empregada na análise de processo de construção do produto. Essa abordagem não dispõe de instrumentos ou procedimentos analíticos fixos, sendo assim, sua utilização concede certa liberdade ao pesquisador e a sua capacidade de observação crítica (GIL, 2008).

A construção do robô foi feita na residência da pesquisadora. Ao fim da primeira montagem o protótipo apresentou falhas, os motores funcionaram normalmente, porém, não houve deslocamento conforme a trajetória traçada na pista. Devido a essa falha foram realizados novos encontros com o Prof. Daniel, que repassava os direcionamentos e sanava eventuais dúvidas. Esses encontros também ocorreram aos fins de semana. O processo completo de construção do robô será detalhado na próxima sessão.

4. O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO ROBÔ

No artigo de Guimarães, Silva e Barbosa (2020), foi proposto a construção de um Robô seguidor de linha a partir de materiais recicláveis. O Robô seguidor de linha apresentado nesse artigo tem o objetivo de ser um instrumento de interdisciplinaridade e de contextualização nas aulas de Matemática e Física, pois aborda saberes em Matemática, Física, Geografia e tecnologia digital. Essa abordagem é correlacionada com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

> O currículo deve contemplar tratamento metodológico que evidencie a contextualização, a diversificação e a transdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos, contemplando vivências práticas e vinculando a educação escolar ao mundo do trabalho e à prática social e possibilitando o aproveitamento de estudos e o reconhecimento de saberes adquiridos nas experiências pessoais, sociais e do trabalho (BRASIL, 2018, p. 04).

O desenvolvimento do experimento pela professora se deu em três etapas: 1ª- localização dos materiais recicláveis (sucata) necessários para a construção do robô; 2ª- preparação das partes estruturantes e os componentes eletrônicos para a montagem da estrutura; 3ª- construção da parte eletrônica. Ao fim dessas três etapas foi realizada a construção da pista.

Na tabela abaixo consta a relação dos materiais que foram sugeridos no texto base para a construção do robô, sua finalidade, quantidade e algumas sugestões de onde podem ser encontrados.

Quadro 4 – Lista de componentes e ferramentas

FINALIDADE	MATERIAL	QTD	FONTE
Estrutura	Chassi	1	ACM(1), capa rígida de caderno
	Roda dianteira	1	Roll-on labial ou de desodorante roll-on
	Roda traseira	2(2)	Chinelo
CIRCUITOS ELETRÔNICOS	Placa (fixar componentes)	1	placa ou pasta de plástico
	Resistor 300KΩ (ou 1 de 220KΩ e 1 de 100KΩ colocados em série)	2	Placas de TV de tubo ou de som
	LED (Light Emitting Diode) alto brilho	2(2)	Mouse ou luminária de emergência
	Transistor	2(2)	TV de tubo Philips (BD 136 (PNP); BD 135 (NPN)) amplificador de som analógicos de carro ou comercial (BD 140, TIP's 105 e 107 (PNP); BD 139, TIP's 102, 120 e 122 (NPN))
	LDR (Light Dependent Resistor) 5mm	2	Câmara de segurança ou relé fotoelétrico

	Motores e engrenagens	2(3)	Aparelho de DVD ou leitora de DVD de computadores ou de som doméstico
	Potenciômetro 500KΩ a 10KΩ	4(4)	Placas de TV de tubo e som
	Chave (liga/desliga)	1	Brinquedos, aparelhos eletrônicos ou TV de tubo
	Clip conector de bateria 9v	1	Bateria velha, brinquedos
	Fios reutilizados		
FERRAMENTAS E ACESSÓRIOS	Furadeira	1	
	Chave phillips	1	
	Broca (1mm, 1.5mm, 2.5mm, 3.5mm)	3	
	Parafuso com porca (fixar as rodas para lixar)	1	
	Ferro de solda	1	
	Multímetro (opcional)	1	
	Estanho	1	
	Lâmina para arco de serra	1	
	Pistola de cola quente	1	
	Tesoura ou estilete	1	
	Compasso	1	
	Régua	1	
	Supercola	1	
	Fita isolante	1	
	Cartolina chambril (pista)	2	
	Lixa	1	
	Prego	1	
	Canudo		
	Luvas isolantes		
	Óculos de proteção		
(1) Cuidado: condução elétrica na estrutura metálica do ACM			
(2) Precisam ser idênticas			
(3) Podem ser diferentes, desde que os motores tenham tensões próximas e engrenagens com o mesmo número de dentes			
(4) Dois pares iguais. Podem ser substituídos por resistores após testes, pois os potenciômetros são reguláveis.			

Fonte: Guimarães, Silva e Barbosa (2020, p. 05).

4.1 PREPARAÇÃO DA ESTRUTURA E OS COMPONENTES ELETRÔNICOS

A estrutura do robô é composta pelo chassi, roda dianteira e traseira. O artigo norteador sugere o uso de alguns materiais recicláveis para construção desse componente como ACM[2] (o artigo não traz a definição das propriedades desse material) e capa rígida de caderno. A capa rígida de caderno é feita de papelão, devido a isso é vulnerável à ação da umidade que pode provocar sua flexibilização. Decidiu-se utilizar o MDF que é um material utilizado na

[2] O ACM é um material composto por duas chapas externas de alumínio tratadas com um núcleo de polietileno. Essa composição garante uma chapa leve e durável, mas ao mesmo tempo forte e resistente (GRANDA, 2021).

construção de móveis planejados. A escolha do MDF se deu por sua maior resistência e facilidade de manuseio. Foi adquirida, em uma loja de móveis planejados, uma pequena parte de MDF de aproximadamente 25cmx20cm com espessura 2mm.

Sobre a construção da roda dianteira, o artigo sugere a utilização de um *roll-on* labial ou um *roll-on* de desodorante. Fez-se uso do roll-on labial que é uma parte do frasco descartável de batom labial de manteiga de cacau, utilizado pela pesquisadora. Para a roda traseira utilizou-se chinelo de propriedade da pesquisadora, cuja correia estava arrebentada.

Após a obtenção dos materiais realizou-se a construção da estrutura. Fez-se uso dos equipamentos de segurança (óculos e luvas) para preservação da integridade física da pesquisadora. Ressalta-se que o manuseio desses materiais exige determinada prática, no entanto, com algumas tentativas torna-se fácil a manipulação dos objetos.

Para a construção do chassi, utilizou-se a serra para fazer os contornos no pedaço de MDF, seguindo as medidas detalhadas no artigo norteador. O chassi possui 18 cm de comprimento e 12 cm de largura. É importante ressaltar, que a usada para definir os cortes do MDF possui uma única direção de corte. Sendo assim, faz-se necessário observar sua descrição para localizar a direção e atentar-se à técnica de serra, afinal não pode ser utilizado o movimento vai e vem.

No momento de construção do chassi, é importante hachurar um triângulo no lado inferior dele. Esse triângulo, do tipo isósceles, está descrito no artigo norteador e sua função consiste em determinar o centro da massa do chassi a partir do baricentro (ponto de encontro das medianas). O baricentro é o local onde se posiciona o centro da bateria na parte superior do chassi. Os vértices do triângulo isósceles indicam a posição das rodas. A roda dianteira é fixada no vértice do triângulo composto pelos lados de medida congruentes e as rodas traseiras são posicionadas nos vértices da base do triângulo (deve-se alinhar os vértices com o eixo da roda traseira).

A roda dianteira é construída utilizando a embalagem de *roll-on* labial. O corte da embalagem pode ser feito com estilete ou serra, dependendo do material. A altura do corte deve ser do mesmo nível da altura das rodas traseiras fixadas nas engrenagens.

Para a construção da roda traseira, fez-se uso do chinelo, régua, compasso, furadeira, parafuso, porca, arruela, lixa e estilete. A princípio, demarcou-se dois círculos de 5 cm de diâmetro, ou seja, 2,5 cm de raio no chinelo. A marcação dos círculos deve ser feita em uma região do chinelo com mesma espessura, quando se trata de chinelo reutilizado. É importante

que o corte inicial no chinelo seja feito com folga, pois em casos de erro haverá a possibilidade de reajuste sem que a peça seja perdida.

Após cortar a roda com o estilete utilizou-se a furadeira, para introduzir um parafuso com porcas e arruelas. Por ser um equipamento de alto custo, utilizou-se uma furadeira cedida por vizinhos da pesquisadora. Nesse momento, deve-se: inserir a cabeça do parafuso na furadeira e colocar uma arruela e uma porca nele; introduzir o parafuso no chinelo pelo centro do círculo; inserir outra arruela e outra porca, no parafuso e utilizar a rotação da furadeira para lixar a roda, para que fique uniforme. Caso haja um excesso de rebarbas no círculo, com a ajuda de uma outra pessoa, deve-se utilizar o estilete e a rotação da furadeira para fazer a retirada do excesso. Por fim, utilizou-se a ponta de um prego para fazer três sulcos na roda de chinelo. Esses que tem a finalidade de diminuir o atrito das rodas com a pista.

Os motores e as engrenagens podem ser retirados de aparelhos de DVD convencionais ou leitores de DVD de computadores. Optou-se pelos leitores de DVD de computador doados pelo proprietário de uma loja de conserto. A partir disso foram extraídos os motores e engrenagens. Ressalta-se que esses componentes devem ser removidos de forma cuidadosa.

Para a retirada dos componentes do aparelho de DVD, deve-se seguir os seguintes passos: utilizar um clip para destravar a bandeja pela opção de ejeção de emergência; fazer a retirada dos quatro parafusos da parte inferior; desprender a tampa inferior destravando na parte de baixo do equipamento; apertando as travas laterais é possível remover a tampa frontal (Figura 2); retirar as placas de circuito, a maior apertando as travas e a menor usando o ferro de solda para desprender do motor (Figura 3); desencachar a bandeja do DVD e a parte central (Figura 4).

Figura 2 – Leitor de DVD e chave de fenda

Fonte: Própria autora (2021).

Figura 3 – Retirada das tampas inferior e frontal

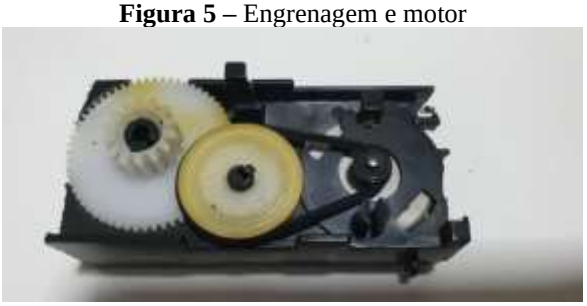
Fonte: Própria autora (2021).

Figura 4 – Retirada da engrenagem e motor

Fonte: Própria autora (2021).

Restando uma estrutura retangular, utilizou-se a serra nas extremidades do motor e das engrenagens para soltá-los da estrutura de plástico em que estavam presos (Figura 5).

Figura 5 – Engrenagem e motor



Fonte: Própria autora (2021).

Em seguida, utilizando supercola e de forma cuidadosa, foi anexado o centro da roda de chinelo no eixo central da engrenagem (Figura 6).

Figura 6 – Engrenagem e motor com a roda fixada

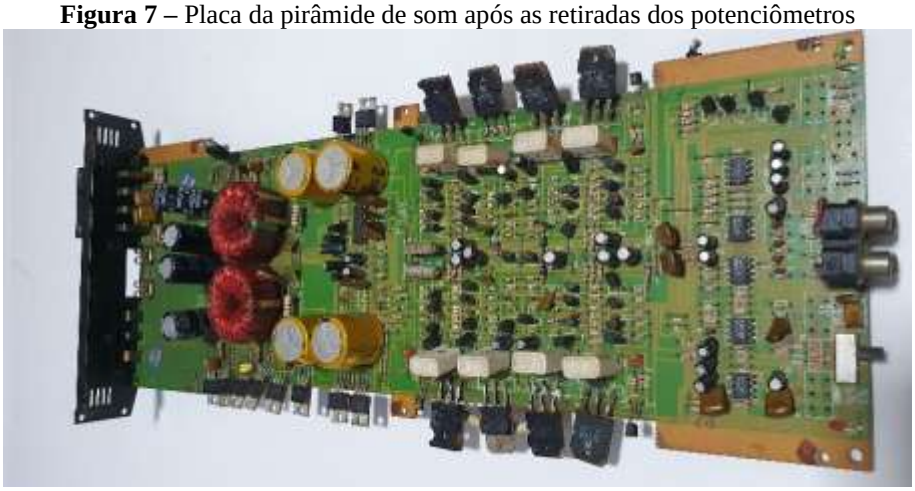
Fonte: Própria autora (2021).

Após a preparação dos componentes descritos acima, realizou-se a montagem da estrutura robô. Fez-se a colagem do motor no chassi e da engrenagem juntamente com a roda traseira alinhada à base do triângulo de referência. No vértice composto pelos lados de medidas iguais do triângulo isósceles, foi colada a roda dianteira. Deve-se nesse momento alinhar a altura da roda dianteira com a roda traseira, o artigo norteador indica a altura de 4 centímetros, mas deve ser observado o alinhamento com as rodas traseiras.

Para a construção do circuito eletrônico utilizou-se os seguintes materiais: Placa (fixar componentes); Resistores de 100 KΩ; LED (Light Emitting Diode) alto brilho; Transistor unipolar Mosfet IRFZ48N; LDR (Light Dependent Resistor) 5mm; Potenciômetros de 50KΩ e de 20KΩ; Clip conector de bateria 9v; Chave (liga/desliga); Motores e engrenagens; Fios reutilizados.

Em uma loja de venda e manutenção de som automotivo obteve-se uma placa de pirâmide de som contendo os transistores, os potenciômetros e os resistores. Essa pirâmide foi doada pelo proprietário da loja ao professor Doutor coorientador dessa pesquisa Daniel da Silveira Guimarães.

Figura 7 – Placa da pirâmide de som após as retiradas dos potenciômetros



Fonte: Própria autora (2021).

Para a extração dos componentes da pirâmide, utilizou-se novamente os equipamentos se segurança (óculos e luva) e também o ferro de solda. O manuseio do ferro de solda exige uma preparação, visto que possui uma ponta aquecida em alta temperatura. A extração dos componentes com o ferro de solda não pode ser realizada de forma lenta devido ao risco de queimar e/ou danificar os componentes.

Os transistores indicados pelo artigo norteador são do tipo BD 136 (PNP); BD 135 (NPN); BD 140, TIP’s 105 e 107 (PNP); BD 139, TIP’s 102, 120 e 122 (NPN), porém, a placa de som não possuía esses transistores. Assim, foram surgindo alguns questionamentos: podemos utilizar outros tipos de transistores? O robô funciona com esses transistores? Como funcionam esses transistores? Esses questionamentos serão respondidos na próxima sessão. Os transistores encontrados na placa de som são Transistores unipolares Mosfet IRFZ48N. Para retirar os transistores deve-se colocar o ferro de solda sobre as três pernas, aquecer e retirar rapidamente.

Figura 8 – Transistor unipolar Mosfet IRFZ48N

Fonte: Própria autora (2021).

Para a extração dos resistores fez-se uso de um alicate e do ferro de solda em sua base e de forma rápida para não danificar. Ressalta-se que os resistores encontrados não são os indicados no artigo de 300KΩ. Devido a isso teve-se que realizar uma adaptação dos componentes disponíveis: 3 (três) resistores, de 100KΩ cada, colocados em série.

Figura 9 – Resistores de 100 KΩ cada.

Fonte: Própria autora (2021).

Na placa de som automotivo foram localizados 4 potenciômetros: 2 de 20 KΩ e 2 de 50 KΩ. Mas, no artigo norteador recomenda-se potenciômetros de 500KΩ a 10KΩ. Novamente nos deparamos com os questionamentos. O robô funcionará com esses potenciômetros? A resistência dos potenciômetros encontrados na placa automotiva é até cinco vezes maior do que os potenciômetros indicados no artigo, eles poderão ser utilizados? A extração dos potenciômetros da placa de som foi realizada também com o ferro de solda, seguindo a orientação de preservação da integridade dos componentes. Foram extraídos 2 transistores unipolares Mosfet IRFZ48N, 4 potenciômetros, 2 de 20 KΩ e 2 de 50 KΩ e 6 resistores de 100KΩ da placa de som automotiva.

Figura 10 – Potenciômetro de 20KΩ.

Fonte: Própria autora (2021).

A chave liga desliga e os LEDS foram retirados de uma luminária de emergência, com o uso do ferro de solda, chaves Philips e de fenda. A luminária que não estava funcionando foi doada por uma professora do programa de pós-graduação, ao qual a pesquisadora está vinculada.

Figura 11 – Luminária de emergência

Fonte: Própria autora (2021).

Figura 12 – LED e chave liga desliga retirados da luminária de emergência

Fonte: Própria autora (2021).

Os LDR de 5 mm foram retirados de duas câmeras de segurança utilizando novamente o ferro de solda. As câmeras foram cedidas por um proprietário de uma empresa de segurança e também discente da UFCat. Cada câmera possui um LDR, no caso usamos duas câmeras.

Figura 13 – Câmera de segurança

Fonte: Própria autora (2021).

Figura 14 – LDR retirado da câmera

Fonte: Própria autora (2021).

Para extração do LDR, primeiramente foi removida a estrutura da câmera de segurança usando as chaves de manejo adequadas e em seguida foi aplicado o ferro de solda para retirada do componente. Essa extração também deve ser feita rapidamente. Porém, a pesquisadora não

conseguiu realizar a extração de forma adequada e o calor excessivo danificou parcialmente o LDR. A danificação só foi constatada no momento de ligação do robô, que apresentou falhas sistemáticas. O LDR quando extraído da placa da câmera de segurança, estava envolvido por um material emborrachado como pode ser visto na Figura 14. Não é necessário remover esse material, pois auxilia na fixação do LDR em um canudo. No interior desse material emborrachado havia um círculo translúcido, o qual deve ser retirado para melhorar a leitura do LDR.

O clip para conexão da chave à bateria foi retirado de uma bateria de 9 volts, processo que também exigiu a utilização dos aparelhos de segurança. Fez-se a retirada da parte superior da bateria, deixando a ponta do papel da parte interior com um pedaço de metal para posterior emenda.

Figura 15 – Clipe retirado da bateria.

Fonte: Própria autora (2021).

Os componentes eletrônicos foram instalados na placa (retirada da tampa de vasilhas de plástico), a qual foi perfurada com o ferro de solda. Na tampa foram posicionados os potenciômetros, os transistores e a chave liga-desliga. A bateria ligada ao clipe foi fixada no chassi, utilizando o centro de massa como referência e a placa foi alocada próximo a ela na parte superior do robô.

Na parte inferior foram colados os LEDs e os LDR. Esses componentes foram fixados na parte dianteira com canudinhos. Em uma das pernas do LED, utilizando o ferro de solda e estanho, soldamos os 3 resistores de 100Ω, em série, isolando essa perna para não entrar em contato com a outra perna do LED. Em seguida introduziu-se o conjunto LED-resistores em um pedaço de canudo, o pedaço de canudo deve ser aferido de tal maneira de que LED fique próximo à pista. Sendo fixado com super cola e cola quente na parte dianteira do chassi. O LED ficou a 1 cm do chão e a 1 cm de distância do LDR, para representar os olhos do robô.

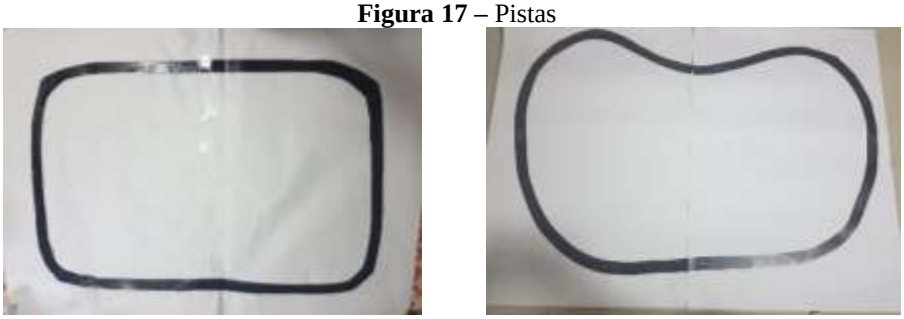
Introduzimos cada um dos LDR em um pedaço de canudo. Em seguida, foram fixados os canudos com os LDR, entre os LEDs-resistores (olhos). A distância entre os dois LDR deve ser superior a 3,5 cm, pois, a faixa de fita isolante dupla da pista possui 3,5 cm e ambos LDR não devem ficar ao mesmo tempo sobre a faixa.

Figura 16 – Parte Inferior do Robô

Fonte: Própria autora (2021).

Para a construção da pista são necessárias duas folhas de papel chambril emendadas pelo lado de comprimento maior. Em seguida, fazer a trajetória da pista usando fita com curvas menos sinuosas como mostra na Figura 17.

Figura 17 – Pistas



Fonte: Própria autora (2021).

Com a estrutura concluída, os circuitos montados e a pista construída, foi feita a primeira tentativa de funcionamento do AGV[3] que não foi exitosa. A partir de testes com multímetro constatamos que o LDR estava com inconsistência e parcialmente danificado, devido ao manuseio com ferro de solda.

Para os testes com o multímetro utilizando a pista e o AGV, desconecte o LDR da fonte de alimentação, ligue o AGV e, com um multímetro, realize a leitura da resistência dos LDR

[3] Do inglês *Automated Guided Vehicle* - Veículo Autônomo Guiado. Este foi o termo empregado no artigo norteador produzido por Guimarães, Silva e Barbosa (2020).

em alguns pontos da pista, com os LED's ligados. Não podemos medir resistência de um componente eletrônico com o multímetro se o mesmo estiver energizado.

4.2 RELATOS DAS DIFICULDADES

Ao longo do processo de aquisição dos materiais e montagem do robô nos deparamos com alguns problemas de diferentes intensidades. Esses enfrentamentos foram divididos na seguinte escala: fácil, médio e difícil. A disposição dos enfrentamentos nessa escala visa apresentar as especificidades do processo de forma orgânica, afinal, a montagem está diretamente relacionada as particularidades do construtor. Se o construtor se encontra em um local de fácil acesso a sucatas, possuir domínio de conhecimentos físicos e matemáticos e conhecimento do manuseio das ferramentas, o processo tornar-se-á mais fácil.

O momento de busca e coleta dos materiais de sucata pode ser definido como fácil, afinal, a maior parte dos componentes foi localizada de forma facilitada. Os doadores dos materiais demonstraram satisfação em contribuir com a pesquisa. Além disso, o artigo norteador apresentou uma gama de opções de materiais, o que permitiu escolher aquele que fosse mais acessível. Alguns materiais como chinelo e roll-on são comumente encontrados no ambiente domiciliar. Porém, os transistores, potenciômetros e resistores foram diferentes dos apresentados no artigo norteador: Daí surgiu a pergunta "O robô irá funcionar com essas alterações?".

Na escala mediana de dificuldade inclui-se o manuseio das seguintes ferramentas: ferro de solda, furadeira e serra[4]. Essas dificuldades decorreram da falta de domínio desses equipamentos, o que exigiu um momento prévio de compreensão de suas funcionalidades. Sendo assim, indica-se a leitura dos manuais das ferramentas, evitando possíveis acidentes e beneficiando a performance.

Como já mencionado, o posicionamento do ferro e a demora na extração do LDR danificou, parcialmente, a funcionalidade do componente eletrônico. A falta de firmeza em segurar a furadeira durante a rotação para lixar a roda feita de chinelo ocasionou instabilidade quando o AGV está em movimento. E os cortes na estrutura interna do DVD de computador para retirar as engrenagens e motores foram feitos de forma desnivelada e não retilínea, devido à falta de entendimento sobre a funcionalidade da serra em uma direção.

---

[4] O uso de materiais de segurança como óculos e luvas e fundamental para a preservação da integridade física dos usuários. Aconselha-se que, quando o usuário for leigo com relação ao manuseio das ferramentas, que solicite apoio a uma pessoa com experiência. Além disso, esse processo deve ser realizado de forma atenta.

Por fim, na maior escala de dificuldade inclui-se a construção dos circuitos do robô. Esse momento exigiu diversos conhecimentos na área de Matemática e Física e a aplicação desses conhecimentos em uma atividade prática se demonstrou complexa. No entanto, esse estranhamento perdurou apenas no início da construção. Após a criação de uma afinidade com os materiais através do software Tinkercard, o processo tornou-se de mais fácil execução.

Uma das principais dificuldades do processo foi entender como seria feita a ligação dos componentes eletrônicos por fios reutilizados e como seria realizada a interligação dos três circuitos. O artigo norteador apresenta os componentes que compõe cada circuito: LED-resistor, LDR-potenciômetro e motor-potenciômetro-transistor. Porém, a ligação entre esses circuitos foi de difícil abstração.

O LED só permite que a corrente passe em uma direção, do lado positivo (ânodo) para o lado negativo (cátodo). Como está orientado no artigo norteador, deve-se observar a polaridade da fonte de alimentação no momento de ligar os fios de circuito LED-resistor. O motor DC retirado do DVD de computador rotaciona de acordo com a polaridade da bateria (fonte de alimentação). Então, faz-se necessário observar qual direção de rotação deseja nas rodas do robô e fazer a ligação na fonte. Na montagem as ligações tiveram que ser refeitas para obter a direção desejada, uma vez que esse fato não foi considerado inicialmente. A pesquisadora teve que realizar inversões de polaridade e optou por cortar os fios, em vez de refazer as fixações do LED-resistor e motor-engrenagem feitos com supercola. Porém, na conexão dos fios cortados, recomenda-se soldar com estanho e envolver com espaguetes Termo- Retráteis, pois isola e veda as conexões.

Outro problema foi a posição das ligações nos canais dos transistores. O transistor escolhido pela pesquisadora era do tipo Mosfet e diferente dos apresentados no artigo norteador. Nos encontros de orientação de pesquisa, foi apresentado pelo Prof. Dr. Daniel da Silva Guimarães o software Tinkercard. Utilizando esse software pôde-se simular as ligações de todos os componentes eletrônicos e sua interligação. Essa ferramenta auxiliou na visualização de como deveria ser colocado cada componente eletrônico no robô.

4.3 MONTAGEM DOS CIRCUITOS

Os circuitos elétricos são ligações de elementos feitas por meio de fios condutores, formando um caminho fechado, que produz uma corrente elétrica: bateria, fios condutores,

interruptores e componentes eletrônicos. No Quadro 8 foram listados componentes eletrônicos usados no robô e suas funções.

Quadro 5 – Componentes eletrônicos e sua função

Componentes eletrônicos	Função
LED	Converte energia elétrica em luz e possui polaridade, ou seja, permite que a energia flua em uma única direção, do lado positivo (ânodo) para o lado negativo (cátodo).
Resistor	Limita o fluxo de corrente elétrica, a partir de seu material, convertendo energia elétrica em energia térmica.
LDR	É um tipo de resistor que varia sua resistência em função da intensidade da luz que incide sobre ele.
Transistor	Amplifica ou atenua a passagem da corrente elétrica.
Potenciômetro	Cria uma limitação ajustável manualmente para a passagem da corrente elétrica.

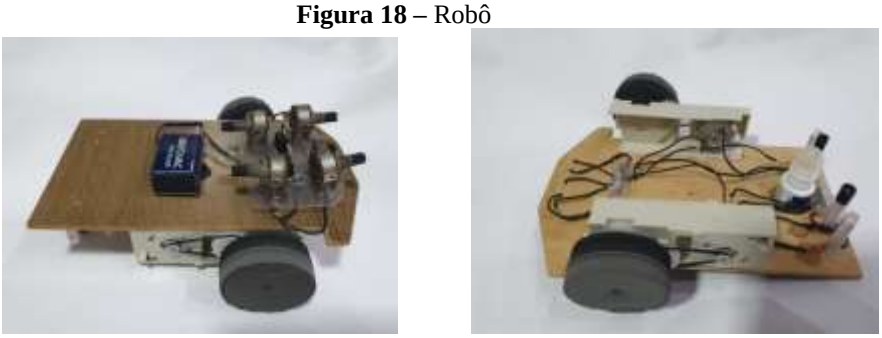
Fonte: Própria autora (2021).

No artigo Guimarães, Silva e Barbosa (2020) são apresentadas imagens para cada circuito, essas imagens são esquemas que contêm os componentes do circuito sem uma representação que se aproxima do formato do robô.

Como mencionado na seção anterior, nas reuniões de orientação da pesquisa, o professor coorientador apresentou o software Tinkercad. O Tinkercad é uma ferramenta online e gratuita. Após cadastrar e fazer login é possível entrar na seção de circuitos e fazer projetos usando vários componentes. O circuito do robô montado no Tinkercad facilitou o entendimento das ligações dos componentes, a simulação dos LEDs e a visualização do circuito como um todo.

Diante dessa dificuldade apresentada na ligação dos fios condutores nos circuitos foi indicado em reuniões de orientação, pela professora Doutora Élida Alves da Silva, a criação de estações uma negativa e outra positiva. Colocando uma estação na parte da frente e a outra na parte de trás do robô.

Figura 18 – Robô



Fonte: Própria autora (2021).

Por fim, constatou-se que a construção do robô se torna um processo extremamente interessante, visto que demanda conhecimentos e instrumentos utilizados na Matemática. Também se recorre a conhecimentos da Física, que permitem compreender a função de cada componente. Além disso, a construção é um momento gratificante e instigante tanto para estudantes quanto para professores, visto que se cria uma expectativa sobre o produto final.

Nesse processo, em que o estudante tem em suas mãos o resultado final de seu trabalho, o conhecimento construído será visto como significativo. Nesse sentido, pautar as práticas de ensino na abordagem da Robótica Educacional Livre é de fato um caminho promissor. Além disso, nesse momento que envolve a robótica, conhecimentos físicos de eletromagnetismos, conhecimento de matemática e o próprio manuseio dos materiais e ferramentas como o ferro de solda e a furadeira, os estudantes poderão desenvolver ações de colaboração e socialização dos saberes.

4.4 APLICANDO A MATEMÁTICA

Como já dito, todo o processo de planejamento do robô foi norteado pelo estudo de Guimarães, Silva e Barbosa (2020). No entanto, esse artigo não postulou estratégias para lidar com possíveis dificuldades identificadas ao longo da construção. Devido a isso, essa sessão visa apresentar possibilidades de contornar tais enfrentamentos através de princípios matemáticos.

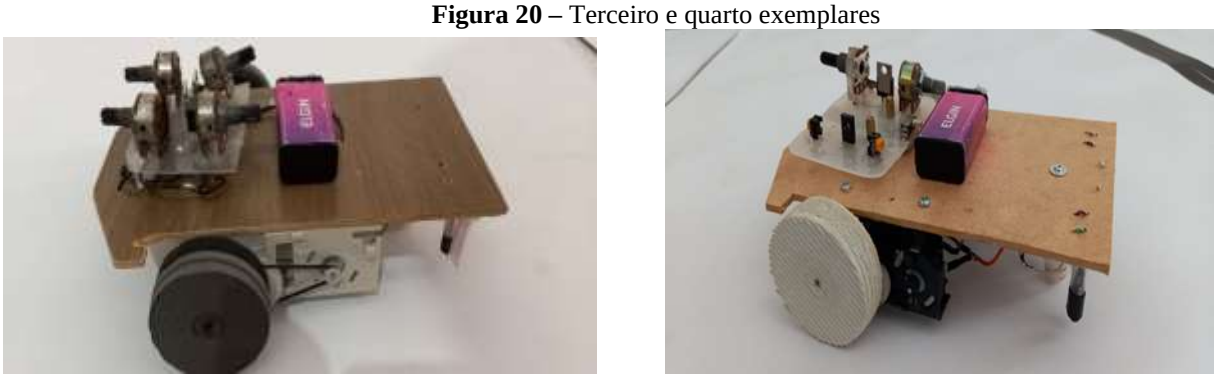
Em Guimarães, Silva e Barbosa (2020) existem duas propostas de AGV. O primeiro exemplar mais simplificado, porém com menos resistência. O segundo exemplar, produzido com mais resistência com o material ACM e com os parafusos e porcas retiradas do DVD de computadores, contribui para futuras modificações.

Figura 19 **–** Primeiro e segundo exemplares

Fonte: Guimarães *et al* (2021, no prelo).

No presente trabalho, uma nova versão do AGV foi construída pela pesquisadora. Além disso, o estudo realizado sobre o circuito proporcionou aos autores do artigo norteador, em trabalho conjunto com a pesquisadora, a realizar a produção de um AGV misto, sem certo padrão entre os componentes utilizados, adequado para uma proposta de utilizar sucatas e diferentes componentes que são aproveitados nelas. As diferenças existentes na segunda e terceira versão dos AGVs nos referidos trabalhos, podem ser vistas no Quadro 7. Ademais, foi construída uma quarta versão, utilizando para o circuito da roda esquerda os componentes da segunda versão e para o circuito da roda direita, os componentes da terceira versão. Essa versão foi construída a partir do estudo dos circuitos, mostrando que a matemática pode contribuir para produzir circuitos mais eficientes e diversificados, atendendo ao fato de utilizarmos uma grande variedade de peças de sucatas.

Figura 20 – Terceiro e quarto exemplares



Fonte: Guimarães *et al* (2021, no prelo).

Quadro 6 – Componentes do segundo e terceiro exemplares do AGV

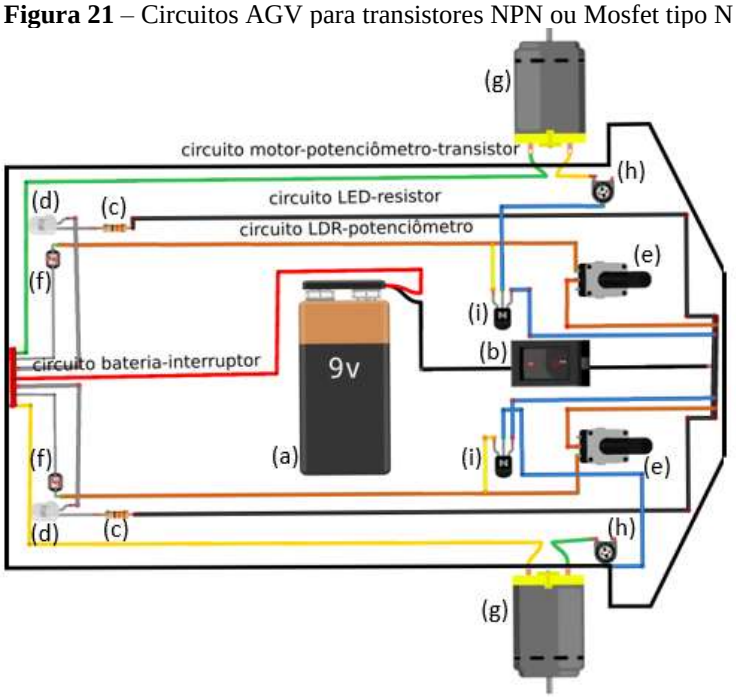
AGV neste trabalho (terceira versão)	**AGV** Guimarães, Silva e Barbosa (2020) (segunda versão)
Roda dianteira de *roll-on* labial	
Roda traseira de chinelo	
Placa para fixar componentes de pasta de plástico	
LED de alto brilho de luminária de Emergência de 3V	
LDR 5mm	
Chave (liga/desliga)	
Clip conector de bateria 9v	
3 resistores de 100Ω (em série)	1 resistor de 220KΩ e 1 resistor de 100KΩ (em série)
Supercola	Parafusos e porcas para fixar engrenagens e roda dianteira
Chassi de MDF	Chassi de ACM
Transistor unipolar Mosfet Tipo N IRFZ48N	Transistor NPN BD135
Motores de aparelho de DVD de computador, de 3520 RPM, com engrenagens (60 e 14 dentes) e polias	Motores de leitora de DVD de computador, de 3520 RPM, com engrenagens (60 e 14 dentes) e polias

2 Potenciômetros 20KΩ para regular a velocidade do motor	2 Potenciômetros trimpot 500KΩ para regular a velocidade do motor
2 Potenciômetros 50KΩ para regular a corrente/tensão no circuito LDR-Potenciômetro	2 Potenciômetros trimpot 5KΩ para regular a corrente no circuito LDR-Potenciômetro

Fonte: acervo da autora

Em Guimarães, Silva e Barbosa (2020) não foi discutido o porquê das escolhas para organização dos componentes eletrônicos. Esses componentes foram organizados, para cada roda, em três circuitos. Contudo, a partir da inserção das estações positiva e negativa, o AGV passou a contar com quatro circuitos, onde o primeiro é composto pela fonte de alimentação (a), as estações negativa e positiva, e a chave liga/desliga (b), o segundo pelas estações negativa e positiva, pelo resistor (c) e o LED (d); o terceiro pelas estações negativa e positiva, pelo potenciômetro (e) e o LDR (f); e o quarto pelas estações negativa e positiva, pelo motor DC (g), o potenciômetro (h) e o transistor (i), conforme figura abaixo.

Figura 21 – Circuitos AGV para transistores NPN ou Mosfet tipo N



Fonte: Guimarães et al (2021, no prelo).

No segundo circuito, cuja função é iluminar a trajetória do AGV para otimizar a leitura do LDR, foi necessária a inserção do resistor a fim de evitar que o LED se queimasse, tendo em vista a diferença de tensão existente entre ele a fonte de alimentação.

O terceiro circuito tem a função de fazer a leitura de parâmetros para detectar a linha a ser seguida pelo AGV, controlando a corrente que chega à base do transistor. Esse circuito pode ser desconsiderado e podemos optar por ligar o LDR direto na base do transistor, a partir de

cálculos sobre a corrente máxima na base. Se o transistor for de baixa ou média potência e for ligado diretamente ao LDR, existe o risco de que o transistor receba uma corrente alta e aqueça. O potenciômetro (e) tem a função de controlar essa corrente. Além de fazer a regulagem para diferentes ambientes.

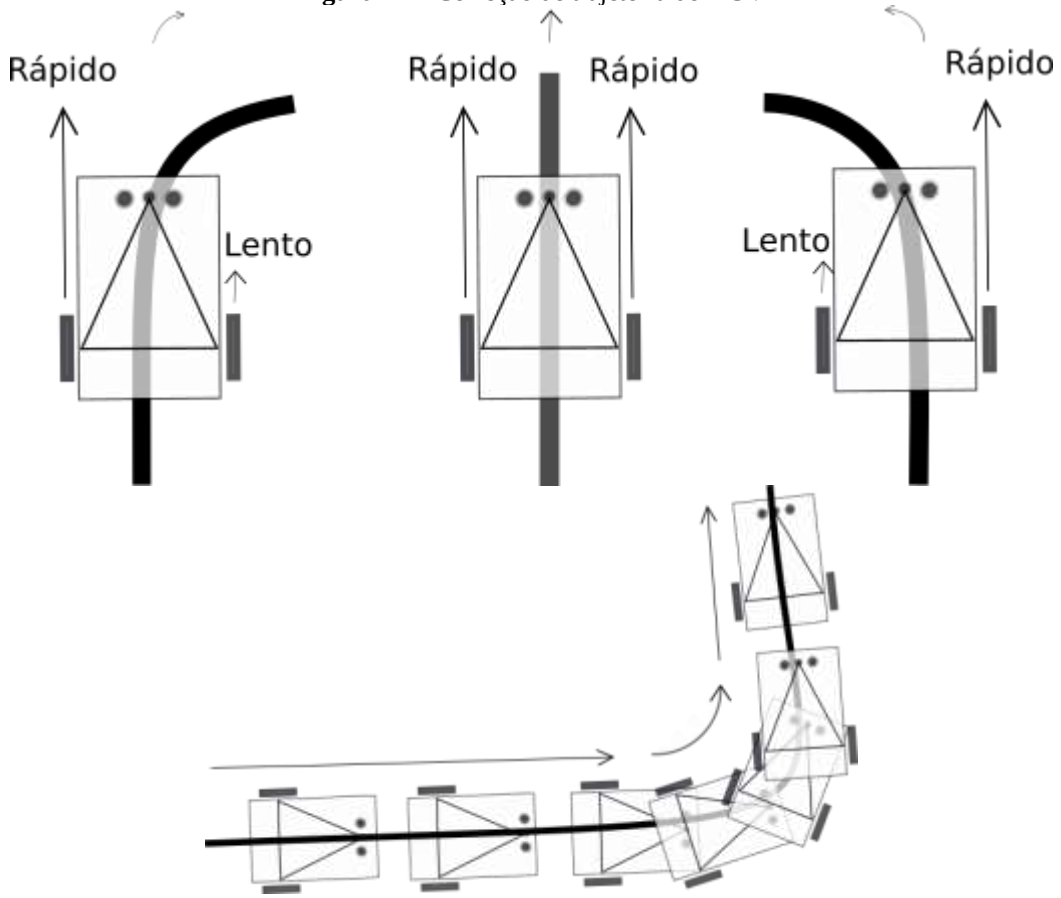
Para o quarto circuito, podemos utilizar os dois tipos de transistores, os bipolares ou BJT (*bipolar junction transistor*) e/ou os unipolares. Note que o conjunto potenciômetro(h)/motor foi ligado ao coletor (respectivamente, Drain) do transistor bipolar (respectivamente, unipolar), o ground da fonte de alimentação conectada ao emissor (respectivamente, Source) e o fio que liga o LDR ao potenciômetro (e) ligado à base (respectivamente, Gate).

A base (respectivamente, Gate) do transistor controla a passagem de corrente do coletor para o emissor (respectivamente do Drain para o Source), determinando a quantidade de corrente que chega ao potenciômetro(h)/motor e, consequentemente, a velocidade da roda conectada ao referido circuito. Contudo, a corrente que chega ao motor pode produzir uma velocidade alta e prejudicar a eficiência e eficácia da movimentação do AGV. O potenciômetro (h) regula a quantidade de corrente, otimizando o deslocamento do seguidor de linha sobre a trajetória.

Vale ressaltar que, no caso em tela, foi utilizado o motor mais comum de 5,9V, exigindo a utilização de uma bateria de 9V e o potenciômetro (h) para controle da velocidade quando a bateria está com carga alta, ou seja, a resistência imposta pelo referido potenciômetro deve ser diminuída de acordo com a baixa da carga da bateria. Ademais, se o motor utilizado tiver até 3V, o AGV pode ser alimentado por pilhas e o potenciômetro (h) é desnecessário.

A união dos circuitos promove a movimentação do seguidor de linha, bem como a correção da sua trajetória, por meio do controle de corrente. Se o LDR esquerdo fica sobre a linha preta, envia uma corrente menor para a base do transistor e, consequentemente, a corrente que chega ao conjunto potenciômetro(h)/motor diminui, provocando a desaceleração ou repouso da roda esquerda. Como a roda direita é mantida com velocidade constante, o seguidor de linha busca a acomodação do centro geométrico do AGV junto ao centro da faixa preta da trajetória. Se o LDR direito fica sobre a linha preta, a correção acontece de forma análoga. É importante salientar que ambos os LDR nunca poderão estar sobre a faixa preta ao mesmo tempo, fazendo com que o AGV fique em repouso. A Figura abaixo ilustra o processo de correção de trajetória do AGV.

Figura 22 – Correção de trajetória do AGV



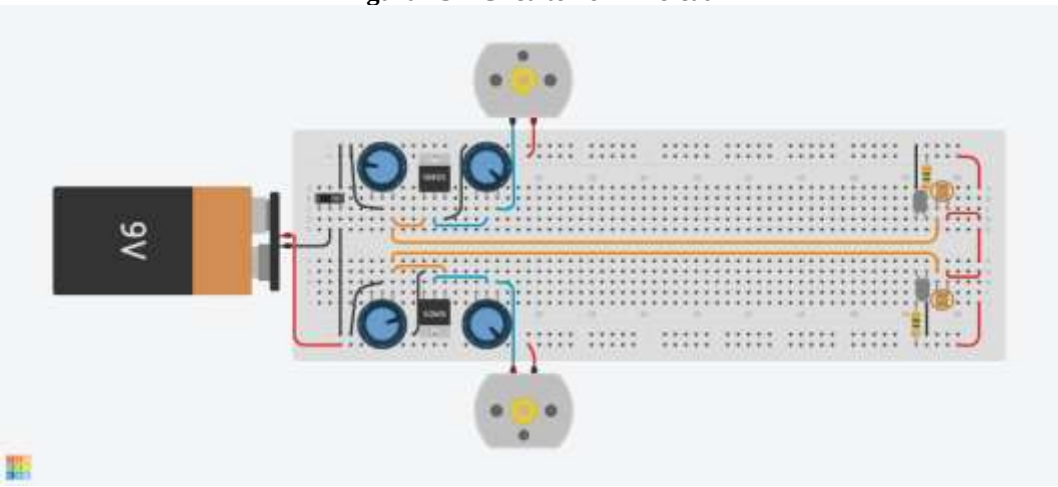
Fonte: Guimarães (2021).

4.4.1 O CIRCUITO DO AGV NO TINKECARD

Ao trabalhar propostas como a desse artigo, percebemos a existência de certas barreiras por partes dos envolvidos por tratar de dois temas, a conhecida e temida Matemática e a tecnologia, algo totalmente desconhecido por parte dos estudantes brasileiros. Veja no relato do estudante A: "*Minha primeira impressão ao assistir o vídeo do AGV funcionando foi de que o funcionamento, dos seus circuitos, seria complicado e inacessível para pessoas sem conhecimento mais aprofundado. Foi uma supressa ver que, além de não ser complexo, ele consiste em poucas peças e pode ser construído por praticamente qualquer pessoa*."

Objetivando desmitificar as dificuldades, este discente participou de uma turma em que uma das atividades propostas foi à construção do circuito no Tinkercad, como apresentado na imagem abaixo

Figura 23 – Circuito no Tinkercad



Fonte: Própria autora (2021).

Como o potenciômetro no circuito motor/potenciômetro/transistor tem por objetivo realizar correções na velocidade do AGV e no Tinkercad é simplesmente uma simulação, podemos trabalhar, incialmente, sem este potenciômetro, conforme a figura acima.

4.4.2 A FÍSICA-MATEMÁTICA NO CIRCUITO DO AGV

Seria possível a construção do AGV somente realizando testes com componentes eletrônicos, porém a possibilidade de utilizar algum componente que não seja adequado ou que esteja parcialmente danificado pode ocasionar erros que impeçam o movimento do AGV a contento. Ademais, essa testagem demandaria tempo que pode ser aproveitado de outra forma. A experiência relatada neste artigo mostrou a importância da leitura dos circuitos, com o auxílio de um multímetro, bem como da simulação do circuito, o que foi corroborado pela experiência do estudante A. Caso a montagem ocorra a partir da compra de alguns componentes, a opção por peças já citadas em Guimarães, Silva e Barbosa (2020), poderão suprimir essas falhas relativas à adequação dos componentes, mesmo assim, componentes danificados podem gerar falhas. Como temos por objetivo incentivar o uso de materiais de sucata, entender a matemática que embasa a montagem do circuito do AGV se torna essencial. Além disso, a experiência no funcionamento deste hardware poderá contribuir para a formação técnica dos envolvidos, podendo ser aproveitada em cursos da área ou até mesmo no cotidiano.

Na construção das duas versões de AGV, feita em Guimarães, Silva e Barbosa (2020), foram utilizados dois transistores bipolares diferentes, NPN e PNP nos modelos BD e TIP, respectivamente. Neste trabalho, a pesquisadora utilizou transistores unipolares Mosfet de uma placa de som automotivo, além da produção de um segundo AGV misto. Os transistores

diferentes (Mosfet) ou peças danificadas podem exigir potenciômetros diferentes e impossibilitar o funcionamento do AGV. Por exemplo, pode ocorrer de utilizar um potenciômetro de 100 $K\Omega$ e necessitar de uma faixa baixa de aproximadamente de 100 Ω (difícil de ser obtida em um potenciômetro tão alto) ou de necessitar de 10 $K\Omega$ no circuito e utilizar um potenciômetro de, no máximo 1 $K\Omega$.

Neste sentido, tentamos responder se o estudo matemático do circuito nos permite utilizar qualquer transistor, solucionar problemas, e, até mesmo, produzir veículos com componentes diferentes nos circuitos de cada uma das rodas. Em outras palavras, conhecendo por meio do datasheet do motor, a corrente para o seu funcionamento, qual será a faixa de resistência do potenciômetro do circuito LDR/potenciômetro, para o perfeito desempenho do AGV com um transistor unipolar e/ou bipolar? Com essa informação, pode-se concluir que o potenciômetro do circuito LDR-potenciômetro pode ser substituído por um resistor?

As respostas para essas perguntas serão obtidas se conseguirmos encontrar uma equação, envolvendo a corrente do motor e as resistências do potenciômetro e do LDR, ambos do circuito LDR-potenciômetro. Assim, podemos encontrar as faixas que o potenciômetro precisa estar para possibilitar o funcionamento do motor, isso a partir das leituras do LDR. Serão propostas atividades que fornecem embasamento para essa investigação. Faremos um estudo dos transistores e das correntes e tensões nos circuitos do LDR-potenciômetro e do motor-potenciômetro-transistor, a partir de leituras do LDR por um multímetro.

Iniciamos a atividade relembrando que o potenciômetro, no circuito motor-potenciômetro-transistor, tem a finalidade de prevenir altas correntes/tensões no motor, evitando assim que o mesmo tenha velocidades altas que deixam o movimento do AGV impreciso, podendo em alguns momentos ser utilizado como chave aberta. Como a resistência do mesmo será em uma faixa de 0 a 100 $K\Omega$, é importante optar por potenciômetros de até 20 $K\Omega$. Há um grupo pequeno de potenciômetros que não resistem motores, quando perceber que estão sendo danificados, eles precisam ser substituídos por um circuito contendo potenciômetro e transistor.

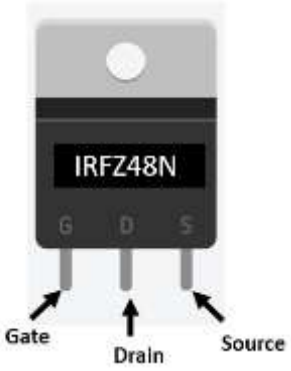
Dividiremos nossa análise para o AGV utilizado no artigo norteador e para o AGV apresentado aqui, tratando a maior diferença entre os dois, que é a utilização dos transistores bipolares e unipolares.

Em Guimarães, Silva e Barbosa (2020), os autores fazem um pequeno relato sobre o funcionamento dos transistores bipolares NPN e PNP. Retornaremos alguns destes detalhes neste trabalho, fazendo analogia com os transistores unipolares.

1) Introduza/relembre que o transistor bipolar[5] (respectivamente, unipolar) é composto por três terminais, base (B) (respectivamente, Gate), coletor (C) (respectivamente, Drain) e emissor (E) (respectivamente Source), e que a informação de qual terminal é B, C ou E (Gate, Drain, Source) deve ser verificada no *datasheet* do componente ou em sites de buscas da internet. A alta resistência entre o Gate e os outros terminais torna a corrente no Gate próxima de zero, podendo ser considerada nula.

2) Introduza/relembre que, no transistor, a quantidade de corrente elétrica do coletor para o emissor (respectivamente, Drain para o Soucer) será regulada pela corrente/tensão na base (respectivamente, a tensão no Gate).

Figura 24 - Transistor Mosfet canal N IRFZ48N



Fonte: Própria autora (2021).

Figura 25 - Transistor NPN BD135

Fonte: Própria autora (2021).

[5] Para um entendimento aprofundado do funcionamento dos bipolares, sugerimos o vídeo https://www.youtube.com/watch?v=fgp06aNHO5w&feature=youtu.be

3) A partir da leitura do datasheet do motor, obtenha a informação da corrente necessária para o movimento em máxima velocidade. Esses motores são utilizados em drives de DVD para computadores, que consideramos ter um menor esforço que no robô e, por isso, consideramos a corrente para máxima eficiência. Na segunda versão do AGV os motores utilizados foram ambos do modelo RF-300EA-1D390 (motores de DVD de computadores podem ter numerações diferentes, porém trabalham com a faixas de correntes próximas). Neste caso o datasheet de Mabuchi Motor (S/D, p. 01) fornece a informação que o mesmo estará em funcionamento, com máxima eficiência, com uma corrente de 0,084 amperes e de 0,021 amperes se não houver carga. Utilizaremos a corrente acima de 0,08 para o deslocamento e abaixo de 0,08 para o repouso.

É importante salientar que, ao se optar por utilizar as faixas de tensão para o funcionamento dos motores, não se pode aplicar a lei de Ohm para obter a corrente, isso porque não podemos considerar o motor simplesmente resistivo como um resistor, pois existe uma impedância complexa no motor, cuja parte real é a parte resistiva e uma parte imaginária, que é a carga indutiva necessária para o movimento. Em outras palavras, a resistência total do motor tem uma grande porcentagem que é transformação de energia em movimento e o restante é resistência que dissipa calor. Dividiremos nossa análise em dois casos:

1) transistores bipolares;

2) transistores unipolares.

Nesta atividade, com as informações do AGV, mostraremos como buscar a resistência do potenciômetro para o funcionamento correto do robô AGV. (é importante salientar que componentes como potenciômetros precisam ser medidos com o multímetro para verificar seu funcionamento, além disso, sempre utilizar ferro de solda com, no máximo, 30 watts de potência, sendo necessário retirar os componentes com certa agilidade, evitando danificá-los.)

Sabe-se, de Guimarães, Silva e Barbosa (2020) que o circuito motor-potenciômetro-transistor está em série, portanto a corrente no circuito é a mesma e podemos considerar que o motor estará em funcionamento ou repouso se, respectivamente, $I_C > 0{,}08\ A$ ou $I_C < 0{,}08A$.

4) Compreende-se ainda que é o ganho β ou hFE, que o mesmo pode ser obtido no datasheet ou medido por um multímetro que tem a opção de medir transistor e que vale

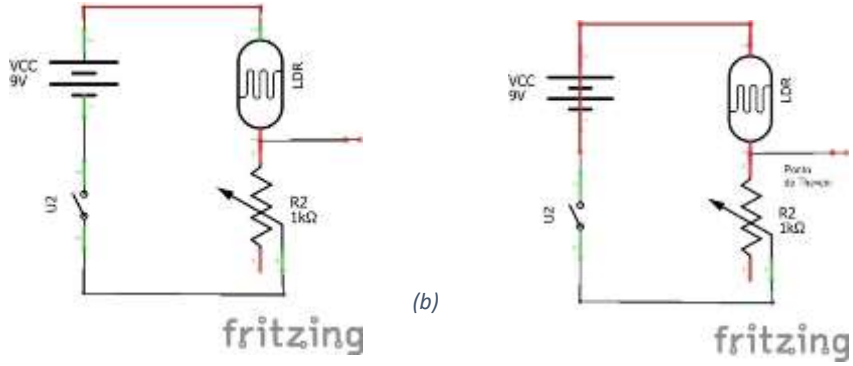
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Leftrightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta}.$$

em que I_B é a corrente da base.

Finalmente, basta encontrarmos as relações entre o I_B e as resistências do potenciômetro e do LDR, ambos do circuito potenciômetro-LDR.

5) Com o objetivo de calcular a corrente I_B com respeito as resistências R_{LDR} e R_{POT}, enuncie o Teorema de Thevenin, que afirma que qualquer circuito formado por resistores e geradores ideais, com diversas malhas, pode ser reduzido a um circuito com uma única malha com uma fonte equivalente V_{th}e uma resistência R_{th} equivalente em série. Precisamos calcular a tensão (V_{th}), a resistência (R_{th}) e a corrente (I_{th}), conforme a teoria de Thevenin, no ponto entre o LDR e o potenciômetro chamado de ponto de Thevenin (figura 30 (b)).

Figura 26 – Segundo circuito LDR-potenciômetro com o Teorema de Thevenin



Fonte: Guimarães *et al* (no prelo).

6) Informe que a tensão de Thevenin é a tensão no divisor de tensão no ponto de Thevenin, ou seja, a tensão no ponto de Thevenin é igual à tensão no potenciômetro no circuito potenciômetro-LDR.

Aqui fazemos uma errata do artigo Guimarães, Silva e Barbosa (2020). Ao considerar o circuito LDR-potenciômetro interligado ao circuito Motor-potenciômetro-transistor, os autores afirmam que $I_{POT} = I_{LDR}$ e que o sistema é dado por:

$$\begin{cases} V_{FA} = IR = I(R_{LDR} + R_{POT}) \\ V_{POT} = IR_{POT} \end{cases} \Rightarrow V_{POT} = \frac{V_{FA}}{R_{LDR} + R_{POT}} R_{POT}.$$

Porém, vale ressaltar que a corrente no potenciômetro somente será a mesma no LDR, ou seja, $I_{POT} = I_{LDR} = I$, quando não são considerados interligados os circuitos potenciômetro-LDR e motor-potenciômetro-transistor. Caso considere o circuito LDR/potenciômetro ligado ao circuito motor/potenciômetro/transistor, a corrente a partir do LDR no ponto de nó se divide em I_B e I_{POT}, logo $I_{LDR} = I_{POT} + I_B$ e não vale $V_{FA} = I(R_{LDR} + R_{POT})$.

Em nosso caso, a teoria de Thevenin determina a tensão naquele ponto como sendo a tensão do divisor de tensão, mesmo que os circuitos sejam ligados. Portanto

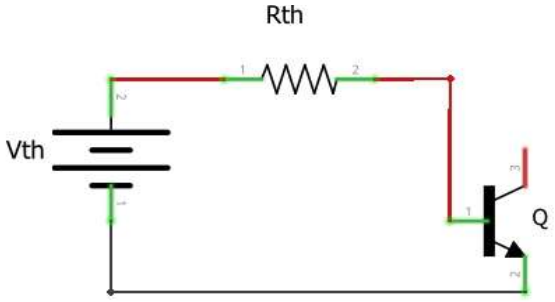
$$\mathrm{V}_{th} = \frac{V_{FA}}{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}} \mathrm{R}_{\mathrm{POT}}.$$

7) A resistência e a corrente de Thevenin ocorrem quando realizamos um curto na fonte de alimentação, ou seja, ligamos o positivo no negativo, como na figura 25 (b) e olhamos o circuito em paralelo a partir do ponto de Thevenin. Assim, para circuito paralelo, vale para a resistência de Thevenin R_{th}

$$\frac{1}{\mathrm{R}_{th}} = \frac{1}{\mathrm{R}_{LDR}} + \frac{1}{\mathrm{R}_{POT}} = \frac{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}}{\mathrm{R}_{LDR}\mathrm{R}_{POT}} \Rightarrow \mathrm{R}_{th} = \frac{\mathrm{R}_{LDR}\mathrm{R}_{POT}}{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}}.$$

8) Usando o circuito em serie de Thevenin, temos

Figura 27 – Circuito de Thevenin



Fonte: Guimarães *et al* (no prelo).

Pela lei de Ohm, a corrente da base do transistor será igual a subtração da tensão de Thevenin com a diferencial de tensão nos terminais Base e Emissor, sobre a resistência de Thevenin. Logo, substituindo R_{th} e V_{th},, temos:

$$\mathrm{I}_B = \frac{\mathrm{V}_{th} - \mathrm{V}_{BE}}{\mathrm{R}_{th}} = \frac{\mathrm{V}_{th} - \mathrm{V}_{BE}}{\mathrm{R}_{th}} = (\mathrm{V}_{th} - \mathrm{V}_{BE}) \frac{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}}{\mathrm{R}_{LDR}\mathrm{R}_{POT}} =$$

$$= \left(\frac{\mathrm{V}_{FA}}{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}} \mathrm{R}_{POT} - \mathrm{V}_{BE}\right) \frac{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}}{\mathrm{R}_{LDR}\mathrm{R}_{POT}}.$$

Observe que I_B depende de três variáveis, ou seja,

$$\mathrm{I}_B(\mathrm{V}_{FA}, \mathrm{R}_{LDR}, \mathrm{R}_{POT}) = \frac{\mathrm{V}_{FA}}{\mathrm{R}_{LDR}} - \mathrm{V}_{BE} \frac{\mathrm{R}_{LDR} + \mathrm{R}_{POT}}{\mathrm{R}_{LDR}\mathrm{R}_{POT}}.$$

Portanto, como $\mathrm{I}_C = \beta\ \mathrm{I}_B$, temos

$$I_C(\beta, V_{FA}, R_{LDR}, R_{POT}) = \frac{\beta}{R_{LDR}}\left(V_{FA} - \frac{V_{BE}(R_{LDR}+R_{POT})}{R_{POT}}\right) \quad (06)$$

Como o diferencial de tensão com respeito à base e o emissor em transistores bipolares é $V_{BE} \approx 0{,}7$, e com exceção a R_{LDR} e R_{pot}, todos os outros valores são dados pelos datasheets de nossos componentes, podemos gerar a relação que desejamos. Restam apenas as leituras do LDR nos locais da pista nos quais desejamos o repouso e/ou funcionamento dos motores.

9) Utilizando a pista e o AGV, desconecte o LDR da fonte de alimentação, ligue o AGV e, com um multímetro, realize a leitura da resistência dos LDR em alguns pontos da pista, com os LED's ligados, como na imagem:

Figura 28 – Visão frontal do AGV

Fonte: Guimarães et al (no prelo).

A segunda versão do AGV dado em Guimarães, Silva e Barbosa (2020) e a terceira versão apresentada neste trabalho, produziram os seguintes resultados

Quadro 7 – Resistência do LDR nos AGV's

	AGV segunda versão em Guimarães, Silva e Barbosa (2020)		AGV terceira versão	
LOCAL	LDR esquerdo	LDR direito	LDR direito	LDR esquerdo
região A	1.800 KΩ	1.670 KΩ	18.500 KΩ	5.000 KΩ
região B	1.500 KΩ	1.670 KΩ	18.400 KΩ	4.000 KΩ
região C	1.500 KΩ	1.970 KΩ	20.000 KΩ	4.000 KΩ

Fonte: Guimarães et al (2021, no prelo).

Provavelmente os LDR apresentarão leituras próximas. No caso proposto neste artigo, o fato de utilizar o ferro de solda com um tempo maior para retirar os LDR implicou em dano dos componentes, produzindo resultados não aproximados entre os dois AGV's. Observe que os resultados dos LDR do AGV da segunda versão são próximos, sinal que a retirada destes componentes foi adequada e que estavam em perfeito estado quando retirados.

10) Com a tabela, verifique para qual valor de resistência do LDR ambos os motores estarão em repouso ou funcionamento. Se houver uma discrepância grande entre as resistências dos LDR do mesmo AGV's, opte por fazer uma análise separada para cada roda.

Na segunda versão do AGV, para o repouso dos motores direito e esquerdo, o LDR estará marcando resistência maior ou igual a 1.970Ω, sendo o maior valor de 10.000 $K\Omega$ atingido no centro da faixa preta, podemos considerar então $R_{LDR} \approx 2.500\Omega$. Para o funcionamento dos motores, o LDR precisa está marcando abaixo de 1.670, logo com $R_{LDR} \approx 1.500\Omega$.

11) Com um multímetro, faça a leitura do ganho β do transistor e, utilizando a equação 0.6 e as faixas para o repouso e funcionamento dos motores, determine as faixas de resistências do potenciômetro no circuito LDR-potenciômetro para o funcionamento adequado do AGV. Informe que esse dado por ser utilizado para melhorar a eficiência do AGV, além de possibilitar substitui-los por resistores ou até mesmo utilizar pistas com uma única fita.

Para o BD35 da segunda versão do AGV, o valor obtido é $\beta = 250$, logo para o repouso precisamos ter

$$0{,}08 > I_C = \frac{250}{2500}\left(9 - \frac{0{,}7(2500 + R_{POT})}{R_{POT}}\right) \Leftrightarrow R_{POT} < 233.$$

Para o funcionamento dos motores precisamos ter

$$0{,}08 < I_C = \frac{250}{1500}\left(9 - \frac{0{,}7(1500 + R_{POT})}{R_{POT}}\right) \Leftrightarrow R_{POT} > 134.$$

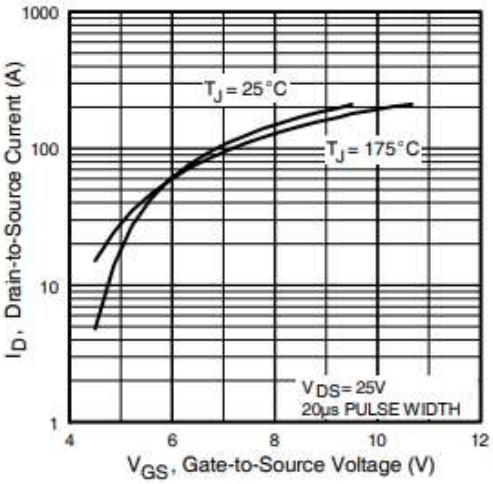
Como a leitura do LDR no centro é aproximada a 10 kohm, podemos realizar como o valor extremo de 5 kohm para o repouso, sendo assim, teríamos na prática, a segunda versão do AGV funcionando bem para o potenciômetro com resistência R_{POT} satisfazendo a $134 < R_{POT} < 522$.

Transistores unipolares;

Esses transistores possuem ricas equações matemáticas para a sua compreensão, porém as zonas de funcionamento para o AGV ocorrerão quase nos extremos (corte ou chave aberta), sendo desnecessário o estudo matemático do circuito do transistor, necessitando apenas da leitura no datasheet do transistor das características de transferência típicas, dadas na figura abaixo. Além disso, como utilizamos no funcionamento do AGV o transistor como chave

aberta, poderemos desconsiderar no estudo os componentes que estão ligados no Source do transistor, que em nosso caso será o motor-potenciômetro, realizando somente a regulagem do potenciômetro, evitando altas velocidades.

Figura 29 – Gráfico de características de transferências típicas do DataSheet do transistor mosfet IRFZ48N.



Fonte: International Ior Rectifier (2010, p. 03).

Observe no gráfico de características de transferências típicas que após 4,5 volts, a corrente no Drain-to-source $I_D \approx 10$ A, supondo que ocorra a temperatura padrão de 25 graus, ou seja, o transistor trabalhará em corte ou em corrente total, tendo por limite o $V_{GS} = 4{,}5$ volts. Neste caso, como a corrente a partir de $V_{GS} = 4{,}5$ volts é total, não precisamos nos preocupar com o as tensões e correntes no conjunto motor-potenciômetro no circuito motor-potenciômetro-transistor, somente a regulagem do potenciômetro para evitar altas correntes no motor. Assim, o motor estará em repouso (respectivamente, funcionamento) se $V_{GS} < 4{,}5$ volts (respectivamente, $V_{GS} > 4{,}5\ volts$).

Já sabemos que por haver um material de alta resistência entre o Gate e os outros terminais, a corrente que circula pelo Gate é próxima de zero, podendo ser considerada nula. Sendo assim, a tensão no Gate-Source será a tensão de divisor de tensão no circuito LDR-potenciômetro. Conforme a seção 7.1, temos

$$\mathrm{V_{GS}} = \frac{V_{FA}}{R_{LDR} + R_{POT}} R_{POT}$$

Como as leituras dos LDR no AGV propostas neste trabalho produziram números muito discrepantes. Precisamos fazer a análise para cada roda. Utilizando a leitura da terceira versão dada no Quadro 4 para o circuito esquerdo, teremos o repouso na região A, ou seja,

$$4{,}5 > \frac{9}{5.000 + R_{POT}} R_{POT} \Leftrightarrow R_{POT} < 5000K\Omega.$$

E estará em funcionamento nas outras regiões, com $R_{LDR} \approx 4000\Omega$, ou seja,

$$4{,}5 < \frac{9}{4.000 + R_{POT}} R_{POT} \Leftrightarrow R_{POT} > 4000K\Omega.$$

Analisando o circuito direito, teremos o repouso na região A, ou seja,

$$4{,}5 > \frac{9}{20.000 + R_{POT}} R_{POT} \Leftrightarrow R_{POT} < 20000K\Omega.$$

E estará em funcionamento quando $R_{LDR} \approx 4000\Omega$, ou seja,

$$4{,}5 < \frac{9}{18.400 + R_{POT}} R_{POT} \Leftrightarrow R_{POT} > 18400K\Omega.$$

Importante salientar que se o transistor sofrer altas temperaturas com a sua retirada da placa com o ferro de solda, o valor de V_{GS} pode ser alterado, sendo necessária a leitura da tensão do divisor de tensão (tensão no potenciômetro) por um multímetro, utilizando a pista, quando o motor estiver em funcionamento e em repouso, para obter a tensão V_{GS} na qual o transistor permite a passagem de corrente do Source para o Drain.

Na primeira versão do AGV, inicialmente apresentada no artigo norteador os componentes eletrônicos são específicos e os materiais do chassi não são resistentes. Na segunda versão do AGV os componentes continuam específicos. Mas, Guimarães, Silva e Barbosa (2020) propõem alternativas para uma estrutura rígida e durável. Utilizando chassi de ACM, trocando a supercola por parafusos e arruelas obtidas do leitor de DVD de computador na fixação das engrenagens e motores.

Na terceira versão desenvolvida pela pesquisadora o AGV conserva a estrutura da primeira versão. Porém, utiliza componentes eletrônicos diferentes do artigo norteador o que resultou em muitas dúvidas e as mais cruciais o AGV irá funcionar? Terá eficiência na trajetória da pista construída com cartolina chambril de fita isolante? A resposta foi positiva e esse trabalho demostra, através da utilização de ferramentas matemáticas que é possível usar vários tipos de componentes eletrônicos. Assim, surge a quarta versão do AGV em que se propõe usar um conjunto de componentes eletrônicos no motor-engrenagem do lado direito diferente dos componentes eletrônicos motor-engrenagem do lado esquerdo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Minhas primeiras experiências enquanto professora remontam à uma época em que sequer imaginava qual viria a ser minha profissão. Até os dezesseis anos residi na Fazenda Itapura pertencente à Comunidade Mata Cachorro no município de Cumari. Nessa fase tive contato próximo com a natureza e as vivências da rotina da zona rural, uma delas era brincar de professora usando carvão e escrevendo na parede da casa, construída de tijolo adobe.

Aos 16 anos eu e minha irmã nos mudamos para cidade de Catalão para morar em uma edícula para dar continuidade aos estudos, pois o transporte rural era realizado apenas no período vespertino e para me preparar para o vestibular 2002 da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão era necessário estudar em dois períodos. No segundo semestre de 2002, continuei estudando na escola pública regular no turno vespertino e fiz curso pré-vestibular no turno matutino. Ingressei na UFG em 2003 no curso de Licenciatura plena em matemática. Conclui a graduação em 2006, mas iniciei no mercado de trabalho em agosto de 2004 como tutora no curso de Matemática de uma instituição privada.

Em 2010 ingressei na Secretaria de Educação de Goiás através de concurso na cidade de Davinópolis no período noturno e completando carga horária em uma instituição do município de Catalão. No fim do período de estágio probatório, três anos, fiz remoção para Catalão. Com base nessas experiências pessoais e profissionais, pude notar que a educação está presente em todos os espaços e agora, percebo a importância de se promover práticas que contribuam com a aprendizagem dos estudantes e, também com a formação de professores, que por muitas vezes não dominam os novos recursos produzidos pela sociedade globalizada. Minha atuação nos últimos dez anos, me permite afirmar que a disciplina de matemática ainda é temida por uma parte expressiva dos estudantes. Os múltiplos cálculos somados com esse imaginário negativo construído sobre a disciplina faz com que parte dos alunos sinta-se impotente perante as atividades propostas.

O número de estudos voltados à compreensão da Robótica Educacional cresceu consideravelmente nos últimos anos. Essas pesquisas têm apresentado novas estratégias e práticas benéficas ao processo de ensino/aprendizagem de conteúdos matemáticos, porém, o contingente de pesquisas voltadas à formação de professores de matemática em robótica ainda é escasso.

A utilização de instrumentos robóticos em sala de aula ainda é uma realidade de poucas instituições brasileiras, dado que os custos para aquisição dos componentes dos robôs são altos.

Além dos altos custos, a abordagem da robótica em sala de aula se depara com outro problema, a falta de domínio tecnológico dos professores que, por muitas vezes carecem de uma formação continuada. Nesse contexto, a Robótica Livre surgiu como uma possibilidade viável de inserção desses recursos no contexto educacional, através da reutilização de sucatas. Implementar mudanças no cotidiano da docência é um processo repleto de tensões e inseguranças e, devido a isso, buscou-se contribuir com os professores de matemática na abordagem da robótica. Afinal, as atuais mudanças do texto da Base Nacional Comum Curricular têm incentivado a construção de práticas inovadoras em sala de aula alinhadas ao chamado projeto de vida.

A construção do robô seguidor de linha descrita ao longo desse texto, permitirá que educadores e educadoras implementem propostas semelhantes em seus espaços de atuação. Além disso, esse robô de baixo custo poderá ser utilizado como aliado do projeto de vida dos alunos, pois, através de sua construção, será possível abordar conteúdos diversos do campo matemático e também de outras áreas do conhecimento, como a Física e a Química, contribuindo com a formação científica e tecnológica dos estudantes. Vale ressaltar que, além das contribuições para o campo da pesquisa e docência, o desenvolvimento desse estudo foi de grande valia para o desenvolvimento tanto intelectual quanto humano da professora-pesquisadora.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Ana Paula *et al*. Robótica pedagógica livre: instrumento de criação, reflexão e inclusão sócio-digital. In: Anais- **XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE** – Mackenzie, p. 316-319, 2007. Disponível em: https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/682/668 Acesso em: 19 out. 2021.

ALEXANDRINO, Thiago Melo. **Uma discussão sobre Robótica Educacional no contexto do modelo TPACK para professores que ensinam matemática**. Dissertação (Mestrado)– Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, Joinville , 2017, 42 p. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.xhtml?popup=true&id_trabalho=5020577# Acesso em: 12 set. 2021.

ANTUNES, Sabrina Favaretto. **A Robótica livre como alternativa didática para a aprendizagem de música**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/605/1/2016SabrinaFavarettoAntunes.pdf Acesso em: 20 fev. 2021.

AROCA, Rafael Vidal. **Plataforma Robótica de Baixíssimo Custo para Robótica Educacional**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação. 2012. 116f. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15206/1/RafaelVA_DISSERT.pdf Acesso em: 19 out. 2021.

AZEVEDO, Samuel *et al*. **Introdução a Robótica Educacional**, 1999, p.01-41. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Samuel%20Azevedo.pdf Acesso em: 19 fev. 2021.

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. https://doi.org/10.14393/ufu.te.2016.62 Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17564 Acesso em: 29 jan. 2021.

BRASIL. Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. 2018. **Diário Oficial da União**, Edição: 224, Seção: 1, Página: 21.

CAMPOS, Flávio Rodrigues. Robótica Educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v.12, n.4, p. 2108-2121, out./dez. 2017. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/8778 Acesso em 19 fev. 2021.

CÉSAR, Danilo Rodrigues. **Robótica pedagógica livre**: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento. Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, 2013, 220f. Disponível em:

https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/16087/1/Tese_revisada_final.pdf Acesso em: 19 out. 2021.

CONTRERAS, José. **A autonomia de professores**. Trad. Sandra Trabucco. 2ª edição. São Paulo, SP: Editora Cortez, 2012

CRUZ, Marcia Elena Jochims Kniphoff da *et al*. **INTRODUZINDO A ROBÓTICA NA ESCOLA** [recurso eletrônico]. Santa Cruz do Sul. EDUNISC. 2013.78p. Disponível em: https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1811/1/Introduzindo%20a%20Rob%C3%B3tica%20na%20Escola.pdf Acesso em: 17. Nov. 2020.

GALVÃO, Angel Pena. **Robótica educacional e o ensino de matemática:** Um experimento educacional em desenvolvimento no ensino fundamental. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação - Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, 2018, 133f. Disponível em: http://ufopa.edu.br/ppge/images/dissertacoes/turma_2016/angel_pena_galvao.pdf Acesso em: 29 set. 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Cristiane Grava *el al*. A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental. p.205-221. In: PIROLA, NA. org**. Ensino de ciências e matemática, IV: temas de investigação [online]**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. 244 p. ISBN 978-85-7983-081. Disponível em: http://books.scielo.org/id/bpkng/pdf/pirola-9788579830815-11.pdf Acesso em 10 fev. 2021.

GUIMARÃES, D. S.; SILVA, Élida A.; BARBOSA, F. C. Explorando a matemática e a física com o robô seguidor de linha na perspectiva da robótica livre. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. e24895, 2020. DOI: 10.35699/1983-3652.2021.24895. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/24895. Acesso em: 8 nov. 2021.

GUIMARÂES, Daniel da Silveira; *et al*. Mão na Massa: Experiência de uma Professora no Desenvolvimento de Atividades de Matemática e Física a partir da Montagem de um Robô Seguidor de Linha na Perspectiva Livre. 2021 [no prelo].

HABERMAS, Jürgen. **Verdade e justificação**. Trad. Milton Camargo Mota. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2004.

INTERNATIONAL IOR RECTIFIER. **IRFZ48NPbF HEXFET® Power MOSFET**. 2010. Disponível em: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRFZ48N-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a40153563ea972222c. Acesso em: 10 jan. 2022.

MABUCHI MOTOR. **RF-300EA**. S/D. Disponível em: https://datasheetspdf.com/parts/RF-300EA-1D390.pdf?id=917203. Acesso em: 10 jan. 2022

MACIEL JUNIOR, Percy Fernandes. **Uma proposta de estudo da autonomia docente de professores de ciências e de matemática em exercício.** (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017, 150f. Disponível em:

http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/2884/1/CT_PPGFCET_M_Maciel%20Junior%2C%20Percy%20Fernandes_2017.pdf Acesso em: 20 set. 2021.

MALTEMPI, M.V. Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e Perspectivas. In: **V Congresso Ibero-americano de Educação Matemática (CIBEM)**. Porto, Portugal, 17 a 22 de julho, 2005. Anais em CD. Disponível em: http://www.rc.unesp.br/igce/demac/maltempi/Publicacao/Maltempi-cibem.pdf Acesso em: 24 jan. 2021.

NASCIMENTO, João Batista do. Os Recursos da Robótica Educacional. Senai- **Mostra Nacional de Robótica**, Itumbiara-GO, [s/d]. Disponível em: http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/42a3265f55799af6f7f12e07d201cd87.pdf. Acesso em 15 fez. 2021a.

_____O que é ACM e quais as vantagens desse material? **Granda Comunicação Visual [site],** [S/D]. Disponível em: https://granda.ind.br/o-que-e-acm-e-quais-as-vantagens-desse-material/ Acesso em: 19 out. 2021b.

OLIVEIRA, David Gentil. **Robótica Pedagógica para o Ensino de Ciências em Santo Antônio do Tauá - Pará**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020, 83p. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12719 Acesso em: 27 set. 2021.

OLIVEIRA, Gabriel *et al*. Análise comparativa entre os kits proprietários e de robótica livre tendo como parâmetro o seu custo e características de ensino. In: **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual**: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_144_905_19050.pdf Acesso em: 18 out. 2021.

ORTOLAN, Ivonete Terezinha. **ROBÓTICA EDUCACIONAL: uma experiência Construtiva.** Dissertação. Mestrado em Ciência da Computação. Florianópolis, 2003. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85322/201832.pdf?sequence=1&isAll Acesso em: 17 nov. 2020.

POLINI, Emanuel *et al*. Inteligência Artificial e Robótica: Programando Chatterbots. In: **Mostra Nacional de Robótica**, Colombo-PR, [s/d]. Disponível em: https://inbot.com.br/apoio/artigos/inteligencia-artificial-e-robotica-programando-chatterbots.pdf Acesso em 21 fev. 2020.

PUNYA MISHRA'S WEB. **Representação do modelo TPACK**. S/D. Disponível em: http://tpack.org/. Acesso em: 10 jan. 2022.

RODRIGUES, Willian dos Santos. **Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6º ao 9º ano do ensino fundamental** : utilização da metodologia LEGO® Zoom Education. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto,

2015, 106 f. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127594?locale-attribute=es Acesso em: 07 set. 2021.

SANTOS, Josiel Almeida; FRANÇA, Kleber Vieira; SANTOS, Lúcia Silveira Brum dos. **Dificuldades na Aprendizagem de Matemática**. 2007. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Matemática, Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/MATEMATICA/Monografia_Santos.pdf. Acesso em: 17 nov. 2020.

SILVA, Eliel Constantino da. **Pensamento Computacional e a formação de conceitos matemáticos nos Anos Finais do Ensino Fundamental** : uma possibilidade com kits de robótica Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2018, 264 p. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/180525/silva_ec_me_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y Acesso em: 27 set. 2021.

ZILIO, Charlene. **Robótica educacional no ensino fundamental I**: perspectivas e práticas voltadas para a aprendizagem da Matemática. (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020, 73f. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/210389. Acesso em: 29 set. 2021.