
A Iniciativa Botsu: Promovendo a Educação em Robótica e Sustentabilidade por Meio do Lixo Reciclável

José Vieira dos Santos Neto

Orientador: *Prof. Dr. Anderson Corrêa de Lima*
Coorientador: *Prof. Dr. Amaury Antônio de Castro Jr.*

Dissertação apresentada à Faculdade de Computação (FACOM) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) como parte dos requisitos necessários à obtenção para do título em Mestre em Computação Aplicada.

UFMS - Campo Grande
Abril/2024

*“O homem cria robôs, carros, aviões... DEUS criou o homem que faz robôs,
carros, aviões... O Senhor é DEUS, seu inventor!”*

Kassio Murta

*Agradeço aos meus pais que sempre
me apoiaram durante esse processo
de formação acadêmica.
Joaquim Machado e Rosania Aparecida.*

*Ao meu irmão
Nilton César*

*À minha namorada
Regiza Gomes*

Agradecimentos

Eu, José Vieira, agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos que já recebi e irei receber, pois sei que nunca me abandonarás.

Obrigado por me amparar durante os dias difíceis e obrigado novamente pelo presente maravilhoso que é a vida.

Agradeço em especial ao Prof. Dr. Anderson Corrêa de Lima, que também é meu amigo e companheiro. Ao longo dessa caminhada o senhor me guiou para o caminho certo, me mostrou a cada instante o tempo certo para poder agir, pensar, lutar e a compreender, com paciência e sabedoria. Suas sábias palavras me envolveram de tal forma que transformaram momentos tristes em felizes, mostrando que um professor pode ser também um grande amigo. E diante isto, acrescento em minha bagagem de vida o ensino eterno que o senhor me deu. Que durante todo o resto de minha vida, vou levá-lo em minha história pois o que o senhor mostrou e ensinou nem o tempo pode tirar. Professor muito obrigado por tudo, e desejo que sua estrela continue a brilhar assim como o sol brilha todos os dias.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Amaury Antonio de Castro Junior, uma figura única que não apenas domina as salas de aula, mas também as estradas em sua motocicleta, e compartilha suas ideias e conhecimentos através do mundo virtual como blogueiro. Além disso, não posso deixar de mencionar a iniciativa inspiradora que ele fundou, o grupo Educational Avengers 2021, que demonstra seu compromisso com os seus guerreiros. Professor Amaury Junior, você é verdadeiramente único e especial, e sou imensamente grato por ter tido a oportunidade de aprender com você.

Agradeço a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul por me receber de portas abertas, e também gostaria de agradecer a FACOM, onde presenciei grandes emoções, e adquiri amizades que levarei para vida.

Gostaria de expressar minha gratidão profunda e sincera aos meus pais, cujo apoio inabalável e orientação foram minha âncora nos dias sombrios e

minha luz nos dias de alegria. Sem eles, eu não estaria aqui hoje; é graças ao amor e apoio deles que pude chegar tão longe. Agradeço também ao meu irmão, Nilton Filho, por estar sempre ao meu lado, compartilhando cada passo desta jornada.

À minha namorada, Regiza de Souza Gomes, meu sincero agradecimento pelo constante incentivo e por ajudar-me a enxergar além dos meus próprios limites. Sua presença e apoio foram essenciais para o meu crescimento pessoal e acadêmico, irei levar você para vida toda.

Em memória da minha querida avó, Arlinda Lopes (*in memoriam*), cujo amor e sabedoria continuam a guiar-me, mesmo na ausência física, expresso minha eterna gratidão.

Agradeço também ao meu vizinho, Gumercino Martins, pelas conversas significativas e pelo compartilhamento de sua sabedoria e experiência de vida. Suas palavras e conselhos sempre me transmitiram força e inspiração.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à família Nascimento, que compreende membros tão especiais como Milton Biberg (*in memoriam*), Vera Lúcia Scheibe, Milton Luís e sua esposa Valéria Larissa, Carlos Alexandre e sua esposa Aline Brito (*in memoriam*), André Scheibe e sua esposa Raquel da Silva. Cada um de vocês tem desempenhado um papel significativo em minha vida, contribuindo para minha jornada com amor, apoio e exemplos inspiradores.

Quero estender meu mais profundo agradecimento à minha prima Tainá Moro, aos meus queridos tios e tias, assim como ao Mateus Alves e sua namorada Maria Eduarda, por serem pilares essenciais na minha jornada, oferecendo apoio incondicional e demonstrando carinho em cada momento.

Expresso minha imensa gratidão ao que considero o melhor grupo de amigos que alguém poderia ter. Agradeço do fundo do coração ao Diego Antônio, Valdo Nogueira, Wesley Gosssler, Kaio Vinícius, Romez Nascimento, Matheus Albuquerque, Larrisa Corrêa e seu esposo Samuel, Lucas Santos, Wilson Pi-aza, Gasparini de Andrade, Brenner Martins, e a todos vocês, meus amigos, por compartilharem cada passo desta jornada comigo, dando significado à vida e tornando cada momento memorável.

Não posso deixar de expressar minha gratidão aos amigos Flavinho, Dollar Pires, Izabel Paulino, Silas, Lincon Pinhé, Eli Robalinho, Breno Pinhé e Leila Queiroz, por suas presenças significativas em minha vida e por enriquecerem minha jornada com sua amizade e apoio.

Por fim, gostaria de expressar minha sincera gratidão aos ilustres professores que aceitaram gentilmente o convite para compor minha banca. Seus nomes ressoam como uma promessa de sabedoria e orientação futura: Douglas Gonçalves da Silva, Dionisio Machado Leite, Sarah Thomaz de Sa Ros-

siter, Amaury Antonio de Castro Junior e Anderson Correa de Lima. Antes mesmo da apresentação, sua disposição em contribuir já é um testemunho de seu compromisso com a excelência acadêmica, e estou imensamente grato pela oportunidade de receber seus valiosos insights e orientações.

A todas aquelas que mencionei aqui e àquelas que, porventura, não foram nomeadas, mas que desempenharam um papel relevante em minha jornada acadêmica, meu mais profundo agradecimento. Estou verdadeiramente grata, é um presente tê-los ao meu lado.

Abstract

Amid everyday demands, robotics emerges as a crucial tool to simplify human life, especially in the context of early childhood education in sustainable and smart cities, a growing trend. However, in the Brazilian educational scenario, the acquisition of resources, both physical and logical, for teaching robotics represents a substantial challenge. Additionally, the lack of training of basic education teachers in Brazil in robotics intensifies this challenge.

Given this panorama, this work aims to develop the initial version of a web platform called Botsu. This platform aims to provide, through videos and tutorials, a step-by-step guide for creating robotic prototypes aimed at simulations in classrooms, addressing solutions to real problems in cities and using sustainable materials. Purpose goes beyond conventional learning; Botsu is expected to become a valuable ally in teaching, enabling children to not only absorb knowledge, but also become familiar with the future of smart cities. This way, when children encounter technology, they will already be prepared and able to deal with technological advances that will shape the future scenario.

Resumo

Em meio às demandas cotidianas, a robótica emerge como uma ferramenta crucial para simplificar a vida humana nas cidades. Em cidades consideradas sustentáveis e inteligentes, o ensino de robótica na educação infantil tem sido estimulado em uma tendência crescente. No entanto, no cenário educacional brasileiro, a aquisição de recursos, tanto físicos quanto lógicos, para o ensino de robótica representa um desafio substancial. Adicionalmente, a falta de capacitação de professores do ensino básico no Brasil em robótica intensifica esse desafio. Diante desse panorama, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento da versão inicial de uma plataforma web chamada Botsu. Essa plataforma visa fornecer, por meio de vídeos e tutoriais, um guia passo a passo para a criação de protótipos robóticos construídos utilizando materiais recicláveis, para diminuição de custos. Os protótipos foram projetados para abordar soluções para problemas reais em cidades. Além disso espera-se que o Botsu se torne um aliado valioso no ensino, capacitando crianças não apenas a absorver conhecimento, mas também a se familiarizarem com o futuro das cidades inteligentes e a ligação delas com a robótica.

Sumário

Sumário	xvi
Lista de Figuras	xviii
Lista de Abreviaturas	xix
1 Introdução	1
1.1 Motivação	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo Geral	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Metodologia	5
1.4 Organização do Trabalho	6
2 Referencial Teórico	7
2.1 Educação Ambiental e o Problema do Lixo	7
2.1.1 O Lixo Eletrônico e as Cidades	8
2.2 Robótica Sustentável	9
2.3 Robótica Educacional	11
2.3.1 Robótica e seus Desafios no Brasil	12
2.4 Robótica Educacional Sustentável	13
2.5 Aprendizagem Criativa	14
2.6 Trabalhos Correlatos	17
2.7 Iniciativas para Ensino de Robótica	20
2.8 Ferramentas de Apoio	22
2.8.1 Arduino	22
2.8.2 Arduino IDE	22
2.8.3 Linguagem de Programação	23
3 O Botsu: Da Plataforma Web ao Protótipo do Robô Reciclável	25
3.1 O Processo de Desenvolvimento Adotado	25
3.1.1 A Robótica Educacional e O Processo Adotado	27

3.2 A Plataforma Web Botsu: Navegando pelo Desenvolvimento do Robô	28
3.2.1 Videoaulas	29
3.2.2 As Versões do Robô	30
3.2.3 A Pista de Testes	37
3.2.4 Plataforma Botsu: Vídeos para Montagem do Robô	38
3.2.5 Principais Componentes Eletrônicos do Botsu	47
3.2.6 Principais Funções do Código Fonte	48
4 Considerações Finais	51
4.0.1 Registro do Código Fonte	52
4.1 Trabalhos Futuros	53
Referências	60

Lista de Figuras

2.1	Carro construído pelos alunos utilizando material reciclável. . . .	14
2.2	Modelo espiral da aprendizagem criativa.	16
2.3	Projeto Steam “Cidade sustentável”.	18
2.4	Projeto EDUROV.	19
2.5	Robô AGV, Seguidor de LINHA.	19
2.6	kit plataforma robótica Robótica Móvel nas Escolas (ROME). . . .	20
2.7	Área de trabalho do Arduino IDE	23
3.1	Modelo de processo adotado no trabalho.	26
3.2	Tela Inicial	29
3.3	Videoaulas	30
3.4	Botsu: versão 1.	31
3.5	Botsu: versão 2	32
3.6	Botsu: versão 3	33
3.7	Botsu: lado esquerdo (versão 4) lado direito (versão 5)	35
3.8	Botsu: versão final	37
3.9	Percurso	38
3.10	Vídeo de introdução	39
3.11	Montagem Parte 1	40
3.12	Montagem Parte 2	40
3.13	Montagem Parte 3	41
3.14	Montagem Parte 4	42
3.15	Montagem Parte 5	42
3.16	Montagem Parte 6	43
3.17	Montagem Parte 7	44
3.18	Montagem Parte 8	45
3.19	Material	46
3.20	Contato	46
3.21	Sobre Nós	47

3.22 Mosaico dos componentes eletrônicos	48
4.1 Certificado de registro de programa de computador	53

Lista de Abreviaturas

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

TDIC's - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

IDE - Integrated Development Environment

STEAM - Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics

PLA - Ácido polilático

EDUROV - Sustainable Remotely Operated Vehicles Educational Program

ROME - Robótica Móvel nas Escolas

Introdução

Um dos principais fatores que afetam o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de um país é a educação. Em particular, em cidades inteligentes (*smart cities*) o sucesso do fator educacional é um dos indicadores-chaves em rankings promovidos por instituições públicas e privadas que se dedicam a classificar a escala de inteligência das cidades, revelando como as TDIC's podem se tornar um importante agente no fomento e desenvolvimento da educação formal. Como evidência desse fato vale citar o *Ranking Connected Smart Cities* lançado desde 2015 pela Urban Systems, empresa brasileira de inteligência de mercado imobiliário, que trata a educação como um dos onze eixos principais, que compõem a avaliação que apontam a inteligência de uma cidade, levando em consideração questões como despesas com educação e a nota do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, (Alves and Flexor, 2020).

As transformações que o progressivo desenvolvimento das denominadas *smart cities* tem provocado na educação, em especial, problematizando os desafios que parecem lançar-se nesse cenário, passaram a impactar diretamente sobre a dimensão da educação e, sobretudo, no que se refere às políticas públicas e governança, (Alves and Flexor, 2020). Dentre esses desafios pode-se citar o reconhecimento da sustentabilidade no dia a dia das cidades e como ela impacta na educação de novas gerações. Uma comunidade não sustentável consome seus recursos de forma mais rápida do que eles podem ser renovados e produz mais resíduo do que o sistema natural pode degradar, (Gomes and Longo, 2020).

Pensar em educação de jovens em cidades inteligentes e sustentáveis, deve ir além do ensino formal. Uma opção é a utilização da robótica educativa, na qual as atividades tendem a ser mais produtivas quando realizadas por um

grupo de pessoas que trabalham em conjunto e não por um único indivíduo. Ao congrega a teoria à prática, a robótica educativa é capaz de desenvolver nos estudantes algumas habilidades, que geralmente a dinâmica das demais disciplinas curriculares, em uma escola, quase não abordam, tais como: trabalho em equipe, colaboração, autodesenvolvimento, capacidade de solucionar problemas, senso crítico, integração de disciplinas, exposição de pensamentos, argumentação, criatividade, autonomia e responsabilidade, postura empreendedora, entre outras (Lessa et al., 2015).

Na robótica educativa os estudantes são expostos a problemas reais, do cotidiano, que podem ser resolvidos a partir de soluções desenvolvidas utilizando kits educacionais de componentes para robôs. Geralmente estes problemas abordam simulações em disciplinas como física, mecânica e geografia. Entretanto, poucos exemplos são aqueles destinados à resolução de problemas relacionados com a educação ambiental e a sustentabilidade.

Um dos principais problemas ambientais nas grandes cidades é o tratamento e destinação correta do lixo comum e do lixo eletrônico. Estima-se que em 2030, os postos de trabalho no setor da gestão de resíduos, que emprega atualmente, cerca de 64 milhões de pessoas, tenham aumentado em cerca de 70 por cento, ou seja, 45 milhões de novos postos de trabalhos. Uma vez que o lixo eletrônico é o fluxo de resíduos, com maior crescimento em todo mundo, aumentando a uma velocidade três vezes superior à da população mundial, muitos destes postos de trabalho, formais ou informais, serão criados no setor de processamento do lixo eletrônico Organization et al. (2021). Em contrapartida, milhões de crianças e adolescentes, bem como mulheres em idade fértil, trabalham em lixeiras digitais na África, Ásia e América Latina e também em algumas economias desenvolvidas da Europa e de outras regiões, onde fazem a extração de metais preciosos, como o ouro dos chips de computador e o cobre dos cabos, através da queima de dispositivos ou de banhos químicos tóxicos. Durante esse processo, são expostos a substâncias químicas perigosas, tais como mercúrio, chumbo, dioxinas e retardadores de chama, e respiram o ar contaminado com partículas tóxicas (Organization et al., 2021).

Percebe-se então, que no contexto da educação ambiental é preciso discutir soluções sobre o tema da destinação do lixo comum e eletrônico, entre as quais, a reciclagem é apontada como o meio alternativo mais eficaz no combate contra o acúmulo destes, bem como, a realização de ações práticas visando à valorização do espaço escolar como campo de formação de um sujeito ecológico capaz de atuar de forma crítica e pensante na sociedade na qual se insere (Melo et al., 2020).

Partindo dos cenários de desafios para o ensino de robótica, sustentabilidade e educação ambiental, este trabalho apresenta como objetivo principal

o desenvolvimento e a disponibilização de uma plataforma web sobre robótica educativa, que pudesse promover e auxiliar no aprendizado de robótica e sustentabilidade para crianças do ensino básico. A plataforma web foi denominada Botsu e em sua primeira versão apresenta um conjunto de videoaulas, com o passo a passo, para a construção de um robô coletor de lixo. As videoaulas, assim como o projeto do robô foram desenvolvidas pelo autor do trabalho. Para o projeto do robô, considerou-se a utilização do maior número de peças de material reciclável, que seria descartado como lixo. Como já descrito, esta abordagem buscar tornar o custo de aquisição de materiais e kits mais acessíveis, para a construção de robôs em projetos educativos, para o ensino público de nível básico, visto que a maior parte das ferramentas de *software* e *hardware* utilizadas no ensino de robótica para as escolas, não são gratuitas.

Como resultado final este trabalho apresenta a primeira versão da plataforma web Botsu. Como resultado futuro, espera-se que a plataforma web e gratuita Botsu possa ser utilizada em sala de aula de forma efetiva, seja em cursos rápidos, assim como em projetos de ensino em disciplinas relacionadas a robótica educativa, ajudando a ampliar a discussão sobre robótica, sustentabilidade e educação, pilares essenciais na construção de cidades inteligentes.

1.1 Motivação

O atual cenário da educação básica no Brasil revela desafios significativos, como a carência de recursos físicos e lógicos para o ensino de robótica, aliada à escassez de capacitação para os educadores. Neste contexto, a motivação principal deste trabalho consiste em auxiliar crianças do ensino básico, no processo de aprendizagem de robótica educativa. Para tal, propomos a disponibilização de uma plataforma interativa e educativa, com enfoque em materiais sustentáveis. Estima-se que a plataforma não só proporcionará uma abordagem prática ao aprendizado de robótica, mas também cultivará uma mentalidade ‘maker’ nas crianças desde cedo.

A plataforma desenvolvida, denominada por Botsu, visa mitigar a solução de problemas do mundo real, por meio do desenvolvimento de protótipos de robôs, construídos em grande parte, com a utilização de materiais sustentáveis. Espera-se assim contribuir para a formação de uma nova geração de estudantes capacitados, ambientalmente conscientes e preparados para enfrentar os avanços tecnológicos nas cidades do futuro. Acreditamos que essa iniciativa não apenas suprirá lacunas educacionais, mas também inspirará a curiosidade e a criatividade nas mentes jovens, proporcionando um impacto

positivo duradouro na educação e no desenvolvimento sustentável.

1.2 *Objetivos*

A seguir são apresentados o objetivo geral e os específicos deste trabalho.

1.2.1 *Objetivo Geral*

O principal objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento e disponibilização de uma plataforma web denominada Botsu. A ferramenta dispõe de vídeos e tutoriais, que oferecem um guia passo a passo para o desenvolvimento de protótipos robóticos sustentáveis, destinados a simulações em salas de aula. É objetivo do Botsu proporcionar às crianças não apenas aprendizado aliado a prática, mas também a familiarização com soluções simuladas para problemas reais em cidades, preparando assim as crianças para o futuro das tecnologias em ambientes urbanos inteligentes.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram considerados:

- **Desenvolvimento da Plataforma Botsu:** Criação da estrutura e das funcionalidades iniciais da plataforma web Botsu, proporcionando um ambiente acessível e amigável para o aprendizado de robótica.
- **Produção de Conteúdo Educativo:** Produção de vídeos e tutoriais educativos, que foram gravados, editados e posteriormente inseridos na plataforma. Os vídeos e o texto no Botsu apresentam um guia, passo a passo, para a construção de protótipos robóticos educacionais e sustentáveis.
- **Enfoque em Materiais Sustentáveis:** Destaca-se no trabalho a promoção do uso de materiais sustentáveis nos tutoriais presentes no Botsu. Enfatiza-se a importância da responsabilidade ambiental, proporcionando às crianças uma perspectiva prática de soluções sustentáveis.
- **Estímulo ao Pensamento Maker:** Incentiva-se neste projeto a mentalidade 'maker' entre as crianças, promovendo a criatividade, inovação e resolução de problemas por meio da construção prática de protótipos robóticos sustentáveis.
- **Preparação para o Futuro das Cidades Inteligentes:** Espera-se que a plataforma Botsu não apenas ensine conceitos de robótica, mas também

prepare as crianças para lidar com tecnologias emergentes em cidades inteligentes, oferecendo uma visão prática, barata e aplicável.

- **Produção de Artigos Científicos:** Escrita e submissão de artigos para conferências nacionais e internacionais da área de robótica e educação.

1.3 Metodologia

Para obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste trabalho, optou-se por uma metodologia dividida nos seguintes passos:

1. **Revisão Bibliográfica:** O objetivo desta fase foi verificar se outros pesquisadores já haviam abordado as questões propostas na pesquisa e avaliar os métodos utilizados em estudos semelhantes. O embasamento teórico foi desenvolvido por meio de pesquisas em português e inglês (com traduções do português) em plataformas de periódicos e artigos, utilizando palavras-chave como: robô, robô reciclável, robótica sustentável, robótica educacional e robótica pedagógica.
2. **Projeto do Robô:** Esta etapa se dedicou à definição do modelo do robô a ser construído. Consideraram-se os componentes necessários, como estrutura mecânica, controlador, sensores e atuadores, bem como sua separação. Realizaram-se várias reuniões de *brainstorming* com o professor orientador, o professor coorientador, com demais orientandos e professores da área. Durante esse processo, desenvolveram-se diversos esboços para a montagem do robô, aprimorando cada versão concebida antes de avançar para a construção efetiva do robô.
3. **Desenvolvimento e Testes:** Nesta etapa, a partir de um projeto específico, o protótipo do robô em material reciclado foi construído. Conforme o esperado e de acordo com o modelo de processo adotado, vários testes foram conduzidos para aprimorar a estratégia adotada, levando a diversas revisões do projeto para reavaliar os requisitos até alcançar a versão final, que será apresentada como resultado deste trabalho.
4. **Desenvolvimento da Plataforma Web Botsu:** Nesta etapa foram gravados e editados vídeos sobre o desenvolvimento do robô. Ainda foram elaborados tutoriais, com imagens sobre os passos de desenvolvimento. Por fim, a plataforma web foi desenvolvida e alimentada com esses materiais.

1.4 Organização do Trabalho

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: O Capítulo dois (2) apresenta o referencial teórico necessário para uma compreensão fluida do trabalho, com destaque para os seguintes temas: Robótica sustentável. Robótica educacional. Robótica educacional e sustentável. Robótica e desafios no Brasil. Aprendizagem criativa. Ainda neste capítulo são apresentados os trabalhos correlatos com o tema deste trabalho. O Capítulo três (3) apresenta os materiais, métodos e discussões a cerca do projeto e do desenvolvimento do plataforma web Botsu, destacando o processo de montagem dos principais componentes do robô e os materiais e ferramentas utilizados. O capítulo quatro (4) apresenta as considerações finais e possíveis trabalhos futuros. Por fim são apresentadas as Referências Bibliográficas do trabalho.

Referencial Teórico

Neste Capítulo são apresentados os conceitos teóricos essenciais para uma compreensão abrangente do trabalho. Destacamos também estudos relevantes que orientaram a revisão da literatura. Para contextualizar o referencial teórico apresentado optou-se pela pesquisa exploratória como método de pesquisa.

2.1 Educação Ambiental e o Problema do Lixo

A educação ambiental nos dias atuais é de fundamental importância no tocante a preservação ambiental do nosso planeta. É importante começar pelas crianças e jovens, pois o futuro do planeta são eles, a escola como uma organização que concentra informações e transmite conhecimento para aos alunos, deve cumprir o papel de conscientizar sobre os problemas ambientais e deixar claro como amenizá-los ou evitá-los Fernandes et al. (2010)

A questão ambiental determina que a população se dedique à procura de novas maneiras de pensar e agir, individual e coletivamente, com novas formas de produção que garantam a sustentabilidade. Tornam-se necessários novos valores onde a educação exerce uma importante função. No entanto, para que se obtenha êxito nessa educação, devem-se considerar as circunstâncias em que os indivíduos desenvolvem e tratam suas percepções sobre o espaço vivido. Essa percepção da importância do espaço em que vivem é denominada alfabetização ecológica, que é fundamental

para que se entenda a educação ambiental. Visando uma participação ativa e responsável de todas as pessoas da comunidade, a educação ambiental vem para contribuir com a construção de conhecimento gerando um saber ambiental através de subsídios para possíveis resoluções dos problemas ambientais

É necessária a compreensão dos problemas ambientais relacionados com as atividades humanas, como a produção e destinação do lixo, para que ocorra transformação no comportamento do indivíduo e da sociedade. Além disso, para efetivar a coleta seletiva, estratégias implementadas na comunidade com ênfase na reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos. A sensibilização da população quanto às atitudes que promovam a qualidade de vida social e a educação para o meio ambiente podem colaborar na formação de cidadãos atuantes, responsáveis e críticos. A participação representa uma atitude significativa para elaboração de políticas públicas com os diversos setores geradores de lixo das comunidades do Brasil, permitindo a reflexão das pessoas sobre meios favoráveis à gestão dos resíduos sólidos, dentre eles o lixo eletrônico Bravo et al. (2018).

2.1.1 O Lixo Eletrônico e as Cidades

É de conhecimento geral que vivemos na era da tecnologia, onde os seres humanos estão cada vez mais dependentes dos equipamentos eletrônicos. No entanto, quando um aparelho eletrônico se torna obsoleto a maioria das pessoas simplesmente desconhece a maneira correta de como descartar esse resíduo eletrônico e acabam descartando de maneira inadequada, junto ao lixo comum. O descarte incorreto desse lixo eletrônico pode contaminar o solo e água, devido ao seu grande potencial tóxico presente em seus componentes (da Silva Reis, 2021).

O lixo eletrônico (REEE) é considerado um resíduo sólido especial de coleta obrigatória, configurando-se como um grave problema para o ambiente e para a saúde, desde sua produção até o seu descarte, pois esses resíduos são constituídos por materiais que possuem metais pesados altamente tóxicos, denominados “vilões silenciosos”, como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. A produção dos REEE pode afetar tanto os trabalhadores das fábricas quanto as comunidades no entorno de indústrias eletrônicas. Além disso, são descartados em lixões e acabam contribuindo para a contaminação do meio ambiente, pois penetram no solo e nos lençóis freáticos. Outra classe de trabalhadores que sofre risco de contaminação são os catadores de lixo, que sobrevivem da venda de materiais coletados nos lixões (de Albuquerque Maranhão, 2020).

A expansão da população, atrelada à elevação dos níveis de produção e consumo de bens, vem intensificando a geração de resíduos sólidos em áreas urbanas. Estima-se que no Brasil são gerados anualmente 2 milhões de toneladas de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Se não for tratado adequadamente, essa categoria de resíduos pode causar impactos negativos ao meio ambiente em razão do potencial de contaminação (Giese et al., 2021).

2.2 Robótica Sustentável

É indiscutível que instituições de ensino não podem nos dias atuais, deixar de preparar os alunos para a revolução tecnológica que invade a cada dia mais a vida das pessoas. A escola tem que buscar ferramentas educativas que pertençam a esse mundo tecnológico, visto que ele é, indubitavelmente, indispensável no nosso meio, (Lima et al., 2016).

A construção de robôs inteligentes de baixo custo, além de se preocupar com a reciclagem do lixo tecnológico, também pode ser utilizada para fins educativos por meio da Robótica Educacional. Um robô inteligente com capacidade de decisão numa competição pode ser um projeto bastante estimulante para o aprendiz e é viável numa escola, visto que proporciona ao aluno mais um ambiente de aprendizagem, no qual ele pode desenvolver seu raciocínio, sua criatividade, seu conhecimento em diferentes áreas, convivendo em grupos cujo interesse pela tecnologia e a inteligência artificial é comum a todos, (Lima et al., 2016).

A preocupação com o lixo e o meio ambiente, a cada dia está aumentando por parte da sociedade, do governo e das instituições de ensino, que buscam conscientizar a população. Com o avanço da tecnologia, aumenta também a discussão sobre o descarte dos artefatos, tanto os que não funcionam, como os que funcionam, mas não servem mais aos usuários, no caso, os lixos eletrônicos. Estes englobam vários materiais de eletroeletrônicos, tais como: computadores, televisores, celulares, videogames, etc. Trabalhar com a Robótica Sustentável contribui para com a diminuição do impacto ambiental, no momento que ela reutiliza lixos eletrônicos. Além disso, trata-se de uma atividade de baixo custo, (da Silva et al., 2020).

É importante destacar que a Robótica Sustentável não precisa necessariamente de linguagens de programação para se trabalhar com a sucata. Pode-se, por exemplo, fazer uso de celulares, computadores, impressoras etc., para desenvolver protótipos com o intuito de mediar a construção

de conhecimentos dos estudantes e, assim, proporcionar um aprendizado de Robótica, que contribua com a diminuição do consumo e do lixo a partir do reuso das peças, compreendendo a importância desse tipo de atividade para o meio ambiente e a qualidade de vida, (de Albuquerque et al., 2019).

A utilização de materiais sustentáveis para robótica visa principalmente duas questões centrais. Primeiro, podemos empregar novos materiais e recursos que contribuam para um futuro mais sustentável? E segundo, como podemos usar ou modificar materiais existentes para reduzir ainda mais danos ao meio ambiente, ocasionados pelo descarte de lixo eletrônico? As soluções para a primeira questão incluem materiais de alto desempenho com maior durabilidade, materiais de fontes renováveis, ou biodegradáveis, com o objetivo de economizar recursos valiosos ou reduzir o desperdício. Os mesmos objetivos se aplicam às soluções para a segunda questão, mas em vez de desenvolver novos materiais, eles visam processos de fabricação, reciclagem e projetos de produtos (Hartmann et al., 2021).

A reciclagem de material, dispositivo ou robô segue pontos de vista econômicos: um produto tem maior probabilidade de ser reciclado se a reciclagem for mais barata do que os custos de fabricação de um novo. Portanto, o processo de reciclagem ideal deve ser econômico, tecnologicamente facilmente alcançável, integrado em ciclos de produção-reciclagem fechados, ter como alvo materiais valiosos e exigir pouca energia (Hartmann et al., 2021).

Para tornar a robótica sustentável, a reciclagem já deve estar incluída na fase de projeto. Um esquema de reciclagem bem-sucedido requer que os materiais robóticos individuais sejam facilmente separáveis para permitir a reutilização, troca e atualização descomplicadas dos robôs. Embora mais facilmente alcançável para robôs clássicos, que geralmente são conjuntos de peças e atuadores eletrônicos padronizados, isso pode ser um desafio para robôs macios que apresentam vários princípios e materiais de atuação. No entanto, os robôs macios se beneficiam de arranjos de materiais menos complexos (Hartmann et al., 2021).

Para (Rocha et al., 2021), a robótica sustentável em escolas de ensino fundamental tem grande importância no processo de desenvolvimento da aprendizagem, com destaque para a interação e a colaboração entre os participantes; promovendo a articulação e a integração da educação e da tecnologia de forma contextualizada; apresentando o processo de construção de robôs e outros mecanismos feitos com componentes eletrônicos e da informática bastante simples e também com sucata e peças

de brinquedos.

Segundo (Galvão et al., 2020), o aumento crescente no desenvolvimento de dispositivos tecnológicos têm gerado um alerta de preocupação da sociedade com relação ao descarte destes equipamentos no meio ambiente. Observa-se que o mercado vem oferecendo a cada dia novos produtos, o que permite aos consumidores habituar-se a considerar obsoletos seus aparelhos domésticos. Diante disto (Galvão et al., 2020) desenvolveu um projeto denominado "Robótica Sustentável na Educação: Reciclando e Aprendendo", que descreve sobre problemas ambientais causados pelo lixo eletrônico e o planejamento de seu acondicionamento com a prática da robótica, utilizando material reciclável para o projeto.

Para (Araiza et al., 2019), a tecnologia é cada vez mais usada em nossas vidas, mas os dispositivos antigos tornam-se resíduos e um fardo para o meio ambiente. Além disso, a interação com a natureza torna-se mais limitada. Diante disso (Araiza et al., 2019), apresentaram um projeto que se concentra em reaproveitar eletrônicos descartados pela sociedade, para construir um sistema robótico interativo de jardinagem, tornando-o em um jogo. Isso não apenas reduziu o lixo eletrônico, mas pode melhorar vidas tornando a jardinagem uma divertida atividade de alívio do estresse e acessível para um grande público.

Para (Williams et al., 2019), o lixo eletrônico é uma preocupação crescente em um mundo cada vez mais tecnológico. Dispositivos eletrônicos descartados apresentam um problema significativo de gestão de resíduos, com mais de 2,3 milhões de toneladas de lixo eletrônico produzidos somente nos Estados Unidos em 2019. A fim de reduzir o impacto ambiental do lixo eletrônico (Williams et al., 2019) apresentou uma plataforma robótica sustentável denominada como Roomba.

2.3 Robótica Educacional

Para distinguir entre robôs educacionais e robôs industriais e comerciais, deve-se notar que ambos os tipos abrangem as mesmas características gerais. No entanto, o que diferencia os robôs pedagógicos é que eles são mais seguros para uso pelos alunos e possuem menor custo de material. Além disso, eles contêm instruções que orientam os alunos sobre como programá-los e interagir com seus componentes, como sensores, motores e braços (Falah and Noreddine, 2017).

Robôs Pedagógicos são comandados por meio de um computador dotado de um programa especial, além de alguns aplicativos que permitem ao

aluno trabalhar em realidade simulada através de um ambiente falso, no qual realizam-se experimentos (Falah and Noreddine, 2017). Para (D'Abreu et al., 2013), a robótica pedagógica pode ser inserida em diferentes tecnologias e incorporada em salas de aula, graças a era digital, como por exemplo: em *websites*, canais de comunicação digitais, entre outros. Segundo (Souza et al., 2021) a robótica pedagógica tem como objetivo o aprendizado de ciências de forma divertida com o intuito de despertar o interesse dos alunos para áreas tecnológicas. O processo envolve conceitos, discussões e troca de ideias sobre o desenvolvimento de um robô; a construção, que é a montagem do robô; e a automação, que consiste na elaboração de programas para automação e controle do robô. Em sala de aula a robótica consiste basicamente do uso de robôs como ferramenta pedagógica destinada a permitir que crianças e adolescentes os utilizem como veículos de construção do conhecimento na perspectiva do chamado “aprender fazendo” (Antonello et al., 2020). Embora estivesse inicialmente no âmbito das universidades, a robótica pedagógica vem ganhando forças e se expandindo cada vez mais para outros níveis de ensino (Antonello et al., 2020).

As principais teorias de aprendizagem que sustentam a prática da robótica na educação são o construtivismo e o construcionismo. Piaget destaca que manipular artefatos é a chave para a criança construir seu conhecimento (Piaget, 1973). Papert adicionou a essa equação a ideia de que a construção do conhecimento acontece de maneira efetiva em um contexto onde o aprendiz está conscientemente engajado em construir um objeto público, seja um castelo de areia na praia ou um artefato tecnológico (Papert, 1980).

A Robótica educacional tem potencial como uma ferramenta eficaz para o cultivo da criatividade dos alunos. Além disso, os alunos podem ganhar maior interesse e desenvolver novas perspectivas de pensamento. Todas essas competências são fundamentais para o desenvolvimento da criatividade nos alunos para gerar soluções originais para problemas autênticos (Yang et al., 2020).

2.3.1 Robótica e seus Desafios no Brasil

Para (Maciel and Leal, 2022), a dificuldade de inclusão da robótica na educação brasileira chama a atenção da população e dos estudantes, pois os desafios para inserir a robótica são muito burocráticos, visto que o estado brasileiro não disponibiliza de recursos suficientes para inserir o método da educação robótica nos âmbitos escolares. O aprendizado

utilizando a robótica para crianças e jovens, em outros países já é uma realidade, entretanto no Brasil ainda não há apoio suficiente e recursos para a inclusão da robótica nas salas de aulas. (Maciel and Leal, 2022) destacam os desafios principais ocasionados pela ausência da inclusão da robótica e as novas tecnologias na educação brasileira, entre eles: a falta de profissionais qualificados, as resistências de mudanças de metodologia e a falta de recursos tecnológicos.

Segundo (Campos, 2017), um desafio adicional para as escolas da rede pública é a carência de investimento governamental em robótica. Nota-se que a maioria das instituições escolares que atualmente desfrutam de acesso à tecnologia são de caráter privado, deixando apenas um número restrito de escolas da rede pública com tal benefício. Nas raras ocasiões em que as escolas públicas têm acesso a esses recursos, observa-se que, frequentemente, a disponibilidade se limita aos alunos do ensino fundamental, excluindo os demais alunos do ensino médio.

Conforme (Santos et al., 2019), nota-se que os Estados brasileiros realizam grandes investimentos para a aquisição de material pedagógico, que possam auxiliar os professores em sala de aula. Entretanto, constatou-se que não há formações continuadas para o acompanhamento do uso da robótica nas escolas. Além disso, os professores possuem pouco tempo destinado ao planejamento de aulas, o que acarreta na falta de estímulo para trabalhar com ferramentas de ensino de robótica com frequência. Sabe-se que é obrigação dos estados o dever de oferecer além de formações em robótica, o acompanhamento frequente nas escolas, permitindo que haja o domínio dos materiais pelo docente. É importante também que haja uma mudança de postura do próprio professor, para que o conhecimento prévio do estudante possa servir como complemento para as atividades desenvolvidas em sala de aula.

2.4 Robótica Educacional Sustentável

Em um trabalho de (Rocha et al., 2022), apresenta-se uma proposta de oficina de robótica sustentável no ensino de Ciências nas séries finais do Ensino Fundamental, com o objetivo de favorecer a autoaprendizagem, a interação e a colaboração entre os participantes, a articulação e a integração da educação e da tecnologia de forma contextualizada, e o processo de construção de robôs e outros mecanismos feitos com componentes eletrônicos e de informática, sucata e peças de brinquedos. Além disso, a oficina buscou refletir sobre temas como sustentabilidade e preservação

do meio ambiente.

Segundo (da Silva et al., 2020), o uso de lixo eletrônico como recurso didático pode contribuir para a conscientização ambiental dos alunos ao instigá-los a refletir sobre a problemática do acúmulo e descarte inadequado do lixo eletrônico e sobre a importância da coleta, organização e descarte consciente desses materiais para evitar a contaminação do meio ambiente. Além disso, ao propor o reaproveitamento do lixo eletrônico de forma educativa, os alunos são incentivados a desenvolver a criatividade e o protagonismo, podendo futuramente propor soluções para os problemas da sociedade contemporânea, dentre eles o problema da poluição ambiental. O uso de lixo eletrônico como recurso didático também pode contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos de forma prática e interativa, tornando as aulas mais interessantes e motivadoras para os alunos. A Figura 2.1, por exemplo, apresenta um projeto construído pelo 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal de Fortaleza.



Figura 2.1: Carro construído pelos alunos utilizando material reciclável.

Fonte:(da Silva et al., 2020)

2.5 *Aprendizagem Criativa*

Parece ser consenso que vivemos a era das tecnologias digitais, da computação, da sociedade em rede, e há tempos prega-se a intensa influência que toda essa evolução tecnológica tem exercido sobre a humanidade. Nesse cenário, inúmeras teorias sobre novas formas de aprender e de ensinar originaram metodologias diversificadas e suas ramificações, tais como: Aprendizagem Criativa, Movimento *Maker*, Ensino Híbrido, Linguagem de programação, Gamificação, entre outras. A Aprendizagem Criativa busca apoiar-se na ressignificação das estratégias da educação infantil em qualquer nível de ensino, propondo atividades lúdicas e trabalho por pares com o objetivo de que os alunos aprendam de forma prazerosa e baseados nos seus interesses por meio de desafios de construção

e raciocínio, utilizando materiais de diversas naturezas. Essa forma de aprender se constitui como um processo de construção e reconstrução do conhecimento, que pode ser desenvolvido pela vivência dos alunos em atividades voltadas à resolução colaborativa de problemas, instigando a experimentação e o desafio para criação de novas soluções tendo como foco a interdisciplinaridade (Soares et al., 2020).

O Construcionismo foi inspirado pelas bases de aprendizagem mostradas no Construtivismo de Piaget, que entende a aprendizagem como “construir estruturas de conhecimento”, independentemente das circunstâncias de aprendizagem. Papert acrescenta a isso, que o aprendizado acontece de maneira mais eficiente quando estamos conscientemente envolvidos na construção de artefatos tangíveis no mundo real. Entende-se por Construcionismo, a construção do conhecimento baseado na realização de uma ação concreta, que resulta em um produto tangível que diz respeito à pessoa que o constrói. Com base no construcionismo de Papert, Mitchel Resnick e Ken Robinson propuseram a Aprendizagem Criativa. Segundo eles, a aprendizagem ocorre por meio de um processo criativo, quando se cria algo que é significativo para si e em colaboração com colegas, permitindo-se crescer como pensadores criativos. Essa ideia vem da abordagem do jardim de infância, onde as crianças têm a liberdade de se expressar e experimentar muitos materiais atraentes e, através desse processo, alcançar o autodesenvolvimento. A aprendizagem criativa está fundamentada em quatro pilares, os chamados “4 P’s da Aprendizagem Criativa”(Nicastro et al., 2019):

- (a) **Projetos:** Pretende oferecer às crianças a oportunidade de trabalhar em projetos, que começam com uma ideia vaga, que pode se transformar em um produto final;
- (b) **Paixão:** Consiste em encorajar as crianças a seguir com paixão em trabalhar com as coisas com as quais realmente se importam. Dessa forma, elas se envolvem mais e persistem quando se deparam com obstáculos no caminho;
- (c) **Pares:** Busca incentivar o trabalho com os colegas e compartilhar o progresso, conquistas e desafios. A aprendizagem é um processo social e não apenas uma conquista pessoal;
- (d) **Pensar Brincando:** Busca fornecer uma abordagem lúdica para o aprendizado, um cenário em que as crianças estão constantemente experimentando, assumindo riscos e tentando coisas novas.

Os quatro P’s não representam exatamente novas ideias, ou seja, eles se baseiam em décadas de trabalho de diversos pesquisadores do mundo

todo. Os quatro P's compõem uma estrutura valiosa para guiar diversos trabalhos de aprendizagem. Os quatro P's não são uma exclusividade dos pesquisadores universitários. Eles podem servir como uma estrutura muito útil para professores, pais e qualquer pessoa interessada em apoiar a aprendizagem criativa Resnick (2020).

Explorando ainda sobre o mundo da Aprendizagem Criativa, Resnick e Robinson apresentaram também um processo em forma de espiral da aprendizagem criativa. Partindo de uma ideia inicial e gerando um esforço contínuo, onde o trabalho em conjunto e o compartilhamentos de ideias, geram resultados positivos (Resnick, 2020). A espiral de aprendizagem criativa é o motor do pensamento criativo. À medida que as crianças percorrem a espiral (Figura 2.2), elas desenvolvem e refinam suas habilidades como pensadoras criativas, aprendem a desenvolver as próprias ideias, testá-las, experimentar alternativas, obter as opiniões de outras pessoas e criar ideias baseadas em suas experiências (Resnick, 2020). As fases deste modelo espiral são descritas a seguir pela Figura 2.2, por meio de um exemplo:



Figura 2.2: Modelo espiral da aprendizagem criativa.

Fonte:(Resnick, 2020)

- **Imaginar:** Pense em um exemplo no qual as crianças começam a imaginar um castelo de fantasia e a família que vive nele;
- **Criar:** Imaginar não é suficiente. As crianças transformam as ideias em ações, criando um castelo, uma torre ou uma história;
- **Brincar:** As crianças estão sempre interagindo e fazendo experiências com suas criações, tentando construir uma torre mais alta ou trazendo novas possibilidades para a história;
- **Compartilhar:** Um grupo de crianças colabora na construção do castelo, outro grupo ajuda na criação da história e os dois grupos compartilham ideias entre si. Cada novo acréscimo ao castelo inspira uma nova história e vice-versa;
- **Refletir:** quando a torre cai, a professora se aproxima e incentiva as crianças a refletirem sobre por que ela caiu. Como elas poderiam criar uma torre mais estável? A professora mostra imagens de edifícios, e as crianças percebem que a parte inferior deles é mais ampla do que os topos. Elas decidem reconstruir a torre com uma base maior do que a anterior;
- **Imaginar:** Com base nas experiências que passam pela espiral, as crianças imaginam novas ideias e novas orientações. E se criarmos uma aldeia em volta do castelo? E se criarmos um teatro de fantoches sobre a vida na aldeia?.

2.6 *Trabalhos Correlatos*

Nesta Seção descrevem-se os principais trabalhos correlatos encontrados, que dialogam com o tema deste projeto. Destacamos os seguintes trabalhos atuais:

- (a) O projeto STEAM, de 2020 representado na Figura 2.3, denominado “Cidade Sustentável” foi baseado em robótica educacional e tinha por objetivo aproximar os problemas das mudanças climáticas dos alunos do ensino fundamental, promovendo e utilizando metodologias ativas e incentivando a participação ativa do aluno, que se tornava protagonista do processo de ensino e aprendizagem e desenvolvia seu próprio conhecimento (Ruiz Vicente et al., 2020). No STEAM os participantes deveriam construir um quadro com diferentes elementos que iriam compor uma cidade sustentável e programar um robô para seguir uma linha marcada no quadro e ativar os diferentes elementos da cidade sustentável. O robô é uma adaptação do PrintBot

Renacuajo da BQ Educación, utilizando em sua estrutura plástico PLA impresso em 3D, sensores para seguir linha e um *kit* de robótica ZUM compatível com Arduíno (Ruiz Vicente et al., 2020). A BQ Educación é uma empresa que trabalha com Educação e Robótica, em conjunto com os principais atores da educação (professores, famílias e instituições educativas) para preparar as crianças para um futuro tecnológico. O Kit de robótica ZUM é um *kit* simples e seguro, perfeito para criar as primeiras invenções robóticas, o kit é composto por cabos, led's, uma placa controladora, rodas, entres outros elementos (Education, 2013).



Figura 2.3: Projeto Steam “Cidade sustentável”.

Fonte:(Ruiz Vicente et al., 2020)

- (b) O projeto EDUROV (Figura 2.4), de 2021, teve como proposta criar protótipos de veículos subaquáticos em pequena escala, simples, mas funcionais, usando materiais do dia a dia. Os veículos operados remotamente, são veículos submarinos não tripulados controlados por um console de comando baseado em um *joystick* e dois botões acoplados ao veículo por um cordão umbilical. O projeto EDUROV passou por diferentes fases, nas quais o veículo subaquático foi incorporando diversos elementos tecnológicos, que permitiram o contato dos alunos com um maior número de disciplinas e áreas do conhecimento (Cufi et al., 2021).



Figura 2.4: Projeto EDUROV.

Fonte:(Cufi et al., 2021)

- (c) O projeto do robô AGV, de 2019 (Figura 2.5), iniciou-se com o recolhimento de componentes de equipamentos eletrônicos descartados (sucata). A construção do chassi foi feita a partir de capas de cadernos rígidas, as rodas de *Roll-on* labial ou de desodorante *Roll-on*, os resistores foram retirados de TVs, os LEDs foram retirados de mouses e luminárias. O objetivo do AGV consistiu em percorrer uma trajetória, construída com linha preta em uma superfície clara, com velocidade e tempo gasto otimizados (Baldow et al., 2022).

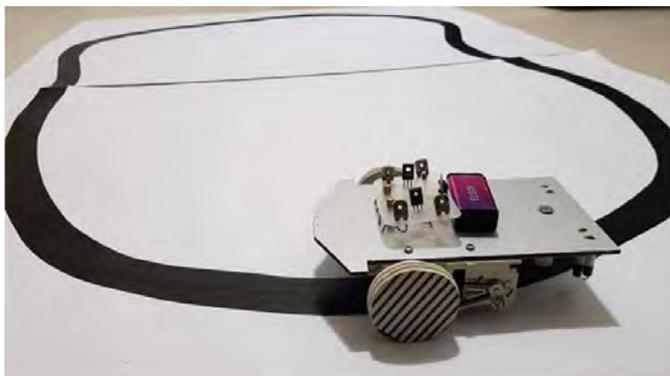


Figura 2.5: Robô AGV, Seguidor de LINHA.

Fonte:(Baldow et al., 2022)

- (d) Um outro projeto de 2022, que merece destaque é o projeto do *kit* plataforma robótica Robótica Móvel nas Escolas (ROME). Além de possuir um custo baixo, o ROME está disponível no GitHub, com as programações de suas partes mecânica e eletrônica, com acesso de forma gratuita, para que qualquer pessoa consiga replicar o projeto, ampliando o alcance do conhecimento abordado com o *kit*. Ainda há a possibilidade de adquirir os *kits* semi prontos, ou partes dos *kits*, placa eletrônica ou estrutura mecânica. Neste caso é possível fornecer para instituições educacionais ou organizações sociais, os *kits* pré-fabricados, contendo a plataforma em MDF 3mm já recortada e pronta para ser montada e a placa de circuito pronta para receber os

componentes (Magrin et al., 2022). A Plataforma robótica ROME foi fabricada em máquina CNC com corte a laser utilizando MDF 3 mm. A Figura 2.6 apresenta o *kit* educacional montado com os motores, sensores de ultrassom, circuito eletrônico, suporte de baterias e o módulo de comunicação *bluetooth* (Magrin et al., 2022).



Figura 2.6: kit plataforma robótica Robótica Móvel nas Escolas (ROME).

Fonte:(Magrin et al., 2022)

2.7 Iniciativas para Ensino de Robótica

Nesta seção são apresentadas iniciativas, bastante interessantes, para o ensino de robótica.

O projeto **Edubot** é uma plataforma educacional focada na área da robótica, cuja missão é solucionar um dos principais desafios enfrentados pelas escolas, que é a implementação bem-sucedida da robótica educacional. Sua abordagem pedagógica se baseia na espiral da aprendizagem criativa e em metodologias ativas, proporcionando aos estudantes uma experiência de aprendizado envolvente. O material didático oferecido pelo Edubot abrange cinco módulos multidisciplinares, alinhados com as competências e habilidades definidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Além disso, todas as atividades propostas são práticas, incentivando o aprendizado prático e "mão na massa". O site também oferece uma seleção criteriosa de equipamentos, escolhidos após extensa pesquisa, que complementam o material didático, tornando o aprendizado ainda mais eficaz. Além disso, uma plataforma digital está disponível para gestores, professores e familiares acompanharem as atividades

realizadas pelos alunos e seu desempenho. Para garantir o sucesso da implementação da robótica nas escolas, o Edubot investe na formação dos professores e fornece suporte técnico e pedagógico, assegurando que as atividades sejam conduzidas com excelência. Dessa forma, o Edubot oferece uma solução abrangente e eficaz para a integração da robótica educacional nas escolas (do Nascimento, 2019).

O **ELETROGATE**, um recurso educacional valioso, oferece apostilas didáticas inteiramente gratuitas, projetadas para auxiliar na exploração do Universo Maker. Seu objetivo central é difundir conhecimento por meio de materiais de alta qualidade, e também convida os interessados a explorar seu blog, ampliando ainda mais o acesso a informações relevantes. É importante notar que as apostilas fornecidas pelo ELETROGATE desempenham um papel crucial como suporte para seus Kits Arduino. Mesmo para aqueles que ainda não pretendem adquirir um kit, as apostilas são uma excelente ferramenta para dar início ao aprendizado. Vale ressaltar que as apostilas do ELETROGATE já beneficiaram mais de 200.000 entusiastas do movimento 'Maker', destacando a influência positiva desse recurso na disseminação do conhecimento e na capacitação de indivíduos interessados em tecnologia e robótica educacional (ELETROGATE, 2012).

A startup T.R.O.N - Robótica Educativa é uma organização que incorpora em sua essência o compromisso de transformar a experiência de ensinar e aprender em uma jornada envolvente por meio da tecnologia. Além disso, eles oferecem uma abordagem inovadora para a educação, por meio do desenvolvimento do Método TRON de ensino de robótica educativa, que tem o poder de imediatamente introduzir inovações no ambiente escolar. Esse método visa permitir que crianças, jovens e adultos vivenciem o futuro. Atuando em 11 estados e no Distrito Federal, o **T.R.O.N - Robótica Educativa** saúda todos os visitantes com a missão de contribuir para a construção de um mundo melhor por meio da educação. O Método TRON foi concebido com a convicção de que a tecnologia robótica é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de habilidades e vantagens competitivas em nossos estudantes, especialmente em um mundo cada vez mais orientado pela tecnologia. A concepção do T.R.O.N Ensino de Robótica Educativa foi inspirada na ideia de tecnologia criativa colaborativa, enfatizando os aspectos Open Source do movimento de robótica, com destaque para a tecnologia Arduino (ELETROGATE, 2017).

Por fim, destaca-se ainda o canal **Brincando com Ideias**, disponível no Youtube e que pertence a Flávio Guimarães. O canal é dedicado a inúmeros projetos e estudos envolvendo Arduino e Internet das Coi-

sas, o conteúdo abrange desde os fundamentos, passando pelos conceitos básicos de eletrônica e lógica de programação até módulos para uso com o Arduino e conceitos avançados e complexos. Além disso, o canal explora tudo relacionado ao Arduino, incluindo Raspberry Pi, ESP8266, aplicativos para *smartphone* e muito mais. Flávio Guimarães também oferece cursos e disponibiliza apostilas através de seu site: www.brincandocomideias.com.br.

2.8 Ferramentas de Apoio

A seguir são apresentadas as principais tecnologias digitais, que foram utilizadas para codificação e elaboração do protótipo elaborado neste trabalho.

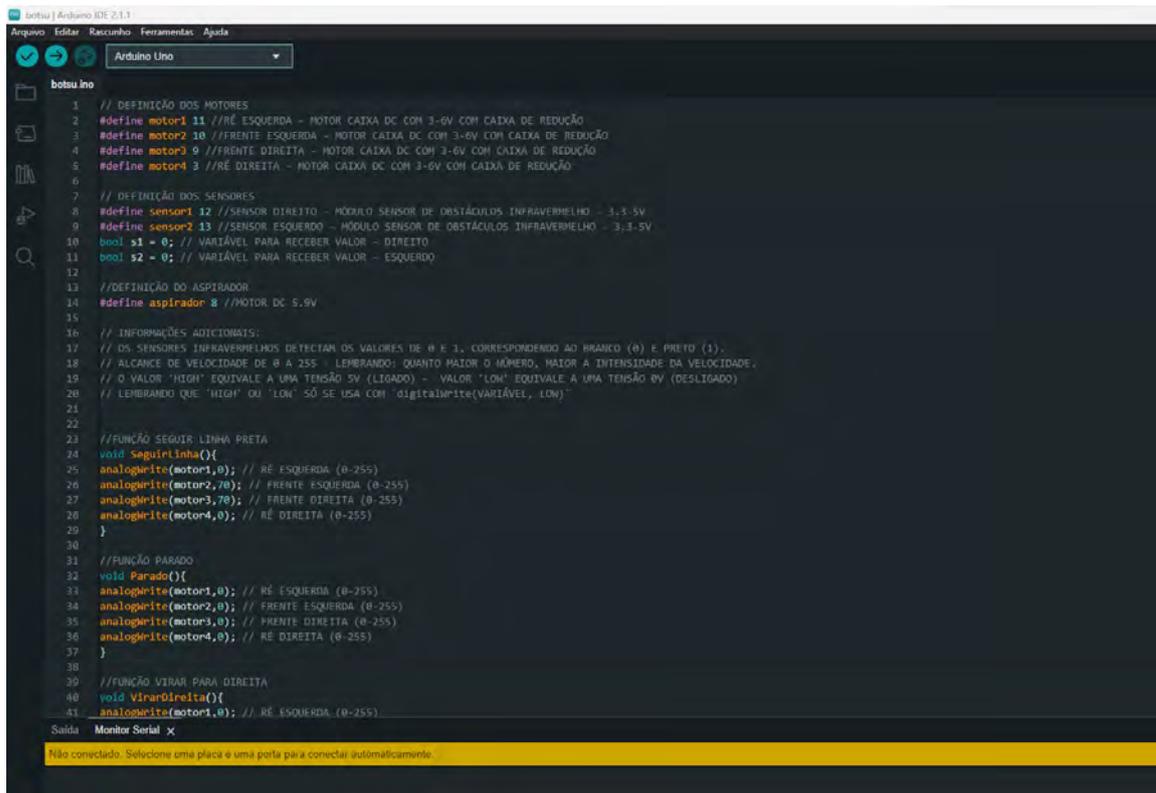
2.8.1 Arduino

A plataforma eletrônica de código aberto Arduino é caracterizada por prover hardware e software de fácil utilização. As placas Arduino são capazes de ler entradas – luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter – e transformá-las em uma saída – ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Para instruir a placa sobre suas ações, é possível enviar um conjunto de instruções ao microcontrolador da placa, utilizando a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring) e o Software Arduino (IDE) utilizados para processamento (Massimo Banzi, 2005). Para (Kondaveeti et al., 2021), a plataforma eletrônica de código aberto, Arduino, emergiu como a escolha preferida para indivíduos envolvidos em projetos interativos, que envolvem hardware e software. A missão do Arduino é permitir que qualquer pessoa melhore sua vida por meio de dispositivos eletrônicos acessíveis e tecnologias digitais. Antigamente existia uma barreira entre o mundo da eletrônica, do design e da programação e o resto do mundo, o Arduino quebrou essa barreira (Massimo Banzi, 2005).

2.8.2 Arduino IDE

Trata-se de um aplicativo multiplataforma, integrado ao ambiente de desenvolvimento, que possibilita a redação e o carregamento de programas em placas Arduino, assim como em placas compatíveis. O Arduino IDE permite não apenas a escrita de código, mas também a depuração, a edição e a gravação de programas ou sketches na placa de desenvolvimento

(Peña, 2020). A Figura 2.7 ilustra a área de trabalho da IDE, conforme descrito anteriormente.



```
1 // DEFINIÇÃO DOS MOTORES
2 #define motor1 11 //RÉ ESQUERDA - MOTOR CAIXA DC COM 3-6V COM CAIXA DE REDUÇÃO
3 #define motor2 10 //FRENTE ESQUERDA - MOTOR CAIXA DC COM 3-6V COM CAIXA DE REDUÇÃO
4 #define motor3 9 //FRENTE DIREITA - MOTOR CAIXA DC COM 3-6V COM CAIXA DE REDUÇÃO
5 #define motor4 3 //RÉ DIREITA - MOTOR CAIXA DC COM 3-6V COM CAIXA DE REDUÇÃO
6
7 // DEFINIÇÃO DOS SENSORES
8 #define sensor1 12 //SENSOR DIREITO - MÓDULO SENSOR DE OBSTÁCULOS INFRAVERMELHO - 3,3-5V
9 #define sensor2 13 //SENSOR ESQUERDO - MÓDULO SENSOR DE OBSTÁCULOS INFRAVERMELHO - 3,3-5V
10 bool s1 = 0; // VARIÁVEL PARA RECEBER VALOR - DIREITO
11 bool s2 = 0; // VARIÁVEL PARA RECEBER VALOR - ESQUERDO
12
13 //DEFINIÇÃO DO ASPIRADOR
14 #define aspirador 8 //MOTOR DC 5.9V
15
16 // INFORMAÇÕES ADICIONAIS:
17 // OS SENSORES INFRAVERMELHOS DETECTAM OS VALORES DE 0 E 1, CORRESPONDENDO AO BRANCO (0) E PRETO (1).
18 // ALCANCE DE VELOCIDADE DE 0 A 255 - LEMBRANDO: QUANTO MAIOR O NÚMERO, MELHOR A INTENSIDADE DA VELOCIDADE.
19 // O VALOR "HIGH" EQUIVALE A UMA TENSÃO 5V (LIGADO) - VALOR "LOW" EQUIVALE A UMA TENSÃO 0V (DESLIGADO)
20 // LEMBRANDO QUE "HIGH" OU "LOW" SÓ SE USA COM "digitalWrite(VARIÁVEL, LOW)"
21
22
23 //FUNÇÃO SEGUIR LINHA PRETA
24 void SeguirLinha(){
25   digitalWrite(motor1,HIGH); // RÉ ESQUERDA (0-255)
26   digitalWrite(motor2,HIGH); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
27   digitalWrite(motor3,HIGH); // FRENTE DIREITA (0-255)
28   digitalWrite(motor4,HIGH); // RÉ DIREITA (0-255)
29 }
30
31 //FUNÇÃO PARADO
32 void Parado(){
33   digitalWrite(motor1,LOW); // RÉ ESQUERDA (0-255)
34   digitalWrite(motor2,LOW); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
35   digitalWrite(motor3,LOW); // FRENTE DIREITA (0-255)
36   digitalWrite(motor4,LOW); // RÉ DIREITA (0-255)
37 }
38
39 //FUNÇÃO VIRAR PARA DIREITA
40 void VirarDireita(){
41   digitalWrite(motor1,HIGH); // RÉ ESQUERDA (0-255)
```

Figura 2.7: Área de trabalho do Arduino IDE

Fonte: autor

2.8.3 Linguagem de Programação

A linguagem de programação do Arduino pode ser dividida em três partes principais: estruturas, valores (variáveis e constantes) e funções (Massimo Banzi, 2005).

- **Estruturas:** Os elementos da linguagem Arduino (C++).
- **Valores:** Tipos de dados e constantes da linguagem Arduino.
- **Funções:** Para controlar a placa Arduino e realizar computações.

O Botsu: Da Plataforma Web ao Protótipo do Robô Reciclável

Este Capítulo apresenta inicialmente os detalhes a cerca do processo de desenvolvimento escolhido para construção do protótipo robótico. Em seguida, o texto apresenta um roteiro de navegação pela plataforma web Botsu, destacando suas páginas principais. Nas páginas que possuem vídeos, estes são detalhados. Inicia-se pelo vídeo de apresentação da plataforma e caminha-se pelos demais vídeos, que destacam o passo a passo para construção do protótipo robótico. É importante frisar que o processo de gravação e edição dos vídeos foi realizado pelo autor do trabalho, além da codificação do website, dos projetos lógico, de código e físico do robô, terminando na construção real do protótipo.

3.1 O Processo de Desenvolvimento Adotado

A Figura 3.1 apresenta o modelo de processo que foi adotado para o desenvolvimento do protótipo robótico. Trata-se de uma adaptação do modelo apresentado em (Rogers et al., 2013a), para design de interação de propósito geral.

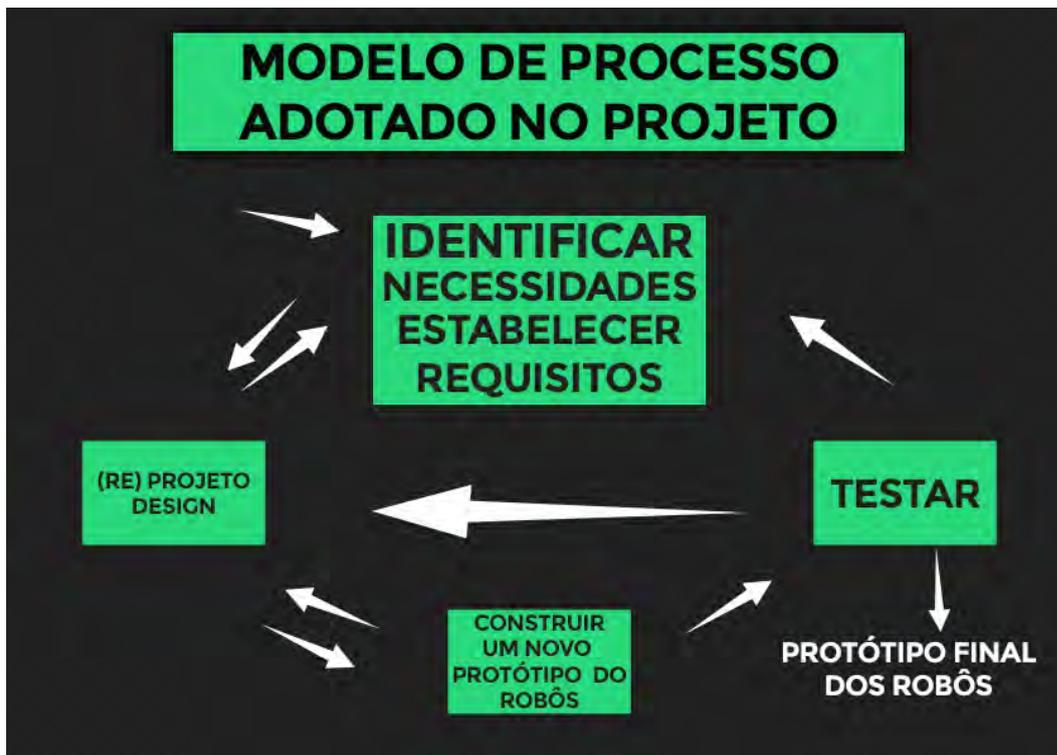


Figura 3.1: Modelo de processo adotado no trabalho.

Fonte: autor (adaptado).

O processo de design de interação escolhido envolve quatro atividades básicas, são elas:

- (a) Estabelecer requisitos.
- (b) Criar alternativas de design.
- (c) Prototipar.
- (d) Avaliar.

Essas atividades devem complementar umas às outras e se repetir. Por exemplo, no que se refere à facilidade de uso, medir a usabilidade do que foi construído dá um retorno sobre certas mudanças que devem ser realizadas ou requisitos que ainda não foram atendidos. Obter respostas dos potenciais usuários sobre o que eles pensam e sentem a respeito do que foi concebido em termos de seu apelo, toque, envolvimento, utilidade, etc., pode ajudar a explicar a natureza da experiência de usuário que o produto evoca. Avaliar o que foi construído é o foco do design de interação. Seu objetivo é assegurar que o produto seja adequado. Isso geralmente é alcançado por meio de uma abordagem de design centrada nos usuários, que, como o nome sugere, procura envolvê-los em todo o processo de design. Há muitas maneiras diferentes de atingir esse objetivo: por exemplo, observando os usuários, conversando com eles, entrevistando-os, modelando seu desempenho, pedindo que preencham

questionários e até mesmo convidando-os a se tornarem codesigners. Os resultados obtidos a partir das diferentes maneiras de envolver o conhecimento dos usuários e de obtê-lo são então interpretados com relação às atividades de design em andamento (Rogers et al., 2013b).

3.1.1 A Robótica Educacional e O Processo Adotado

Para (Andriola, 2021), a Robótica Educacional emerge como uma estratégia capaz de aprimorar a qualidade do ensino e o processo de aprendizado dos estudantes. Essa abordagem se fundamenta na criação, reflexão, depuração de ideias e na realização de testes de hipóteses. Esse princípio teórico tem exercido influência em vários sistemas educacionais em países altamente desenvolvidos e, nas últimas décadas, também tem impactado alguns sistemas educacionais brasileiros. Isso ocorre devido à capacidade da robótica educacional de possibilitar a adoção de novas metodologias de ensino, que promovam o aprendizado ativo, que é a base da visão construtivista do desenvolvimento humano.

A robótica educacional sustentável tem a potencialidade de aliar tecnologia e sustentabilidade na resolução de problemas, o que confere aos estudantes múltiplas competências e habilidades, como trabalho em equipe, interdisciplinaridade, resolução de problemas, autogestão da aprendizagem, autonomia, autoestima e senso de pertencimento. Além disso, a robótica educacional sustentável pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis, capazes de compreender e aplicar as premissas da cultura de sustentabilidade (Ineia et al., 2022).

Neste trabalho, para o desenvolvimento do robô Botsu utilizou-se o processo descrito por (Rogers et al., 2013b), assim sendo, diversas versões foram construídas e testadas até se obter o produto final. Como forma de demonstração do produto, optou-se pelo desenvolvimento de uma plataforma web, também nomeada como Botsu. O objetivo da plataforma é ser uma ferramenta de auxílio em sala de aula em disciplinas como a Robótica Educacional, que possam ser alicerçadas em lições de educação ambiental, com intuito de proposição de soluções para problemas reais das grandes cidades. Conforme o material disponibilizado na plataforma web, os estudantes são encorajados a pensarem em versões alternativas de uso de materiais e novas soluções, mantendo assim, a preocupação com uma aprendizagem criativa, ativa e colaborativa por parte dos estudantes.

3.2 *A Plataforma Web Botsu: Navegando pelo Desenvolvimento do Robô*

A plataforma web Botsu é acessada por meio da URL: www.botsu.com.br, ela foi meticulosamente desenvolvida com o objetivo de simplificar o acesso a todo o material necessário para entusiastas que desejam adentrar no fascinante universo da robótica sustentável. O website oferece tutoriais em vídeo, apresentando um passo a passo detalhado sobre a construção do robô Botsu. Cada vídeo é acompanhado por legendas, que destacam os principais temas abordados durante a explanação, além disso todos os vídeos estão hospedados no YouTube. O website também disponibiliza materiais em PDF para download, englobando todas as informações elétricas essenciais para a construção do Botsu. Os arquivos em PDF auxiliam para que os leitores, alunos e professores, acompanhem as videoaulas de maneira mais eficaz. Os arquivos PDF foram elaborados de forma explicativa e colorida, organizando os fios de acordo com as instruções fornecidas nos vídeos.

A página inicial da plataforma web Botsu, apresentada aqui pela Figura 3.2, proporciona uma experiência envolvente desde o primeiro momento. A página inicial apresenta aos visitantes um vídeo breve, que introduz o tema central do website, assim como um vídeo exclusivo de bastidores. O vídeo de bastidores oferece uma visão detalhada dos bastidores do desenvolvimento do protótipo robótico Botsu. Nele, os espectadores têm acesso a discussões exclusivas sobre os desafios enfrentados, as inspirações para o design e os momentos emocionantes que marcaram o processo de criação do robô Botsu. Apresenta-se também na página inicial, um slide dinâmico de várias fotos capturadas ao longo do processo de criação do Botsu. Essas imagens proporcionam uma visão única dos estágios de desenvolvimento, desde os primeiros esboços até o produto final, destacando os momentos decisivos e as mudanças que foram necessárias. As fotos criam uma entrada cativante para o website, oferecendo aos visitantes uma amostra inspiradora do que está por vir, seja explorando os bastidores do desenvolvimento do Botsu ou testemunhando o seu processo de criação.

Dentro do website, os interessados também encontrarão o código do Botsu (Sketch), acompanhado por legendas explicativas para cada função e comando. Essa abordagem visa tornar o aprendizado ainda mais acessível aos alunos. Adicionalmente, o website oferece materiais para download em formato vetorial e de bitmap, proporcionando a opção de

impressão ou utilização de figurinhas do Botsu, o que é um recurso valioso para aqueles que desejam personalizar sua experiência com o projeto.



Figura 3.2: Tela Inicial

Fonte: autor

3.2.1 *Videoaulas*

A página "Vídeo Aulas" da plataforma online Botsu é uma seção essencial do website, que foi projetada para oferecer aos visitantes uma compreensão aprofundada e detalhada do processo de criação do robô Botsu. Ao acessar esta seção, os usuários são conduzidos para navegar por uma série de oito vídeos cuidadosamente elaborados, cada um apresentando uma etapa crucial do desenvolvimento do Botsu. Cada vídeo é acompanhado por uma legenda de reforço, fornecendo uma breve explicação do conteúdo e destacando pontos-chave e destaques importantes. Essa abordagem visa facilitar a compreensão e a absorção das informações apresentadas, permitindo que os espectadores acompanhem o processo de criação de forma clara e concisa. Em resumo, a página "VideoAulas" oferece uma visão abrangente e acessível do processo de criação do Botsu, combinando vídeos informativos com legendas explicativas para proporcionar uma experiência educativa e inspiradora aos visitantes. A página em questão é apresentada pela Figura 3.3.



Figura 3.3: Videoaulas

Fonte: autor

3.2.2 As Versões do Robô

Seguindo o processo de desenvolvimento citado no início deste Capítulo, algumas versões iniciais de um produto podem e geralmente devem ser refinadas, até que se chegue a uma versão final e funcional. O processo de desenvolvimento do robô Botsu não foi diferente. As versões iniciais construídas precisaram passar por melhorias até se chegar a última versão. Nesta seção são apresentadas detalhes de cada versão desenvolvida.

A Primeira Versão

A Figura 3.4 exibe o primeiro esboço do Botsu. Inicialmente, a ideia era construir o robô com materiais leves. Por exemplo, as rodas, que totalizavam quatro, foram fabricadas utilizando papelão e borracha de câmara de ar. Os eixos foram compostos por hastes de ferro retiradas de aros de bicicletas e a conexão foi estabelecida por meio de super cola e arame. A base do Botsu foi feita de PVC rígido, os motores foram fixados com braçadeiras de Nylon e super cola. Os demais componentes também foram fixados na base com super cola e para as conexões, utilizavam-se fios retirados de aparelhos antigos.

O protótipo não obteve sucesso devido a problemas durante a fase de

testes na pista. Conforme o tempo passava, os componentes do Botsu começavam a deteriorar-se, pois não suportavam o peso das peças por longos períodos, especialmente a bateria, composta por quatro pilhas AA. É importante ressaltar que na primeira versão, o Botsu consistia principalmente em quatro rodas, quatro motores com caixa de redução, um módulo ponte H, dois sensores infravermelhos para seguir linhas, fios e uma placa Uno.

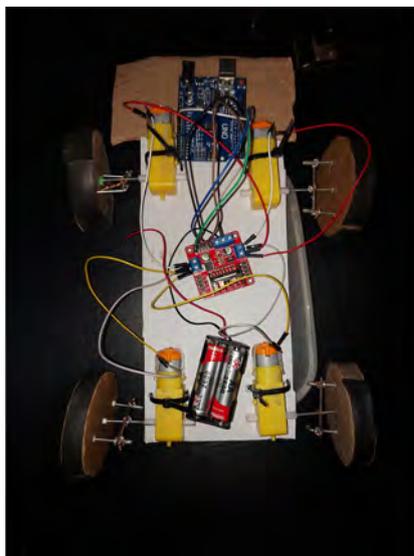


Figura 3.4: Botsu: versão 1.
Fonte: autor

A Segunda Versão

Na segunda versão do Botsu, apresentada aqui pela Figura 3.5, houve uma evolução em relação à versão anterior, aprendendo-se com os erros encontrados. Por exemplo, decidiu-se substituir as rodas por versões originais, que já vinham com os motores de caixa de redução. É possível observar que houve uma mudança grande mudança na estrutura. Enquanto a base permaneceu em PVC rígido, foram introduzidas laterais, que também foram feitas de PVC rígido (compostas por quatro peças), que foram fixadas por meio de um quadro de luz dividido em quatro pedaços, formando uma configuração em L. Além disso, o módulo Ponte H foi montado em uma base de papel de caixa de leite. Também foi incluído um protoboard, para facilitar o aspecto elétrico do projeto. Optou-se ainda por uma mangueira sanfonada como invólucro para as quatro pilhas do robô. O objetivo principal da segunda versão era implementar um sistema de suspensão, permitindo que o Botsu se movimentasse em campos variados, oferecendo um desempenho superior em pistas irregulares.

O sistema de suspensão foi projetado de forma individualizada para cada roda, envolvendo o uso de parafusos para fixação das rodas nas laterais, além de elásticos para controlar o balanço. Também foram incorporadas tampas de garrafas PET para reduzir o atrito entre as rodas e as laterais de PVC rígido. Essas melhorias proporcionaram uma transformação notável na segunda versão do Botsu, tornando-o mais adequado para uma variedade de condições de terreno. Entretanto, o projeto não obteve sucesso devido a alguns pontos destacados a seguir:

- **Ponto 1:** Falhas no sistema elétrico;
- **Ponto 2:** Tamanho inadequado do robô;
- **Ponto 3:** Consumo elevado de energia;
- **Ponto 4:** Custo elevado contradizendo o objetivo de baixo custo do projeto.

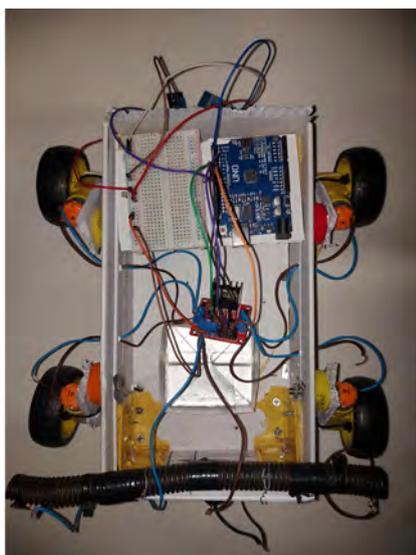


Figura 3.5: Botsu: versão 2

Fonte: autor

A Terceira Versão

Na terceira versão, a prioridade foi otimizar os materiais para reduzir ainda mais o custo. Mantendo a base em PVC rígido como estrutura principal, várias medidas foram tomadas para tornar o Botsu mais estável no solo. Primeiramente, foram eliminadas as laterais e dois dos motores, juntamente com as rodas. Para melhorar a estabilidade, incorporou-se ao projeto uma roda traseira no centro da base com movimento de 360 graus, utilizando para isso um frasco de desodorante roll-on. A parte

traseira da base do robô foi recortada e fixou-se a roda 360 graus com cola quente, reforçando-a com arame.

Além disso, a posição dos motores dianteiros foi invertida, isto foi preciso para um melhor encaixe. Os motores foram presos à base com cola quente e arame. O módulo Ponte H foi instalado na parte dianteira, os sensores infravermelhos foram reposicionados mais próximos entre si, a placa Uno foi colocada na extremidade traseira para facilitar a conexão com o computador e a protoboard foi centralizada e fixada com cola quente. Para alimentação, além das quatro pilhas AA, acrescentou-se uma pilha de 9V para alimentar a placa Uno e o conjunto de pilhas restantes. Para armazenar as pilhas, utilizou-se um estojo encontrado na internet. Também foram instalados interruptores do tipo "tic-tac", para ligar e desligar tanto a placa Uno quanto os demais componentes. As rodas originais foram mantidas.

As modificações resultaram em resultados positivos durante os diversos testes realizados na pista. O consumo de energia foi reduzido e as falhas no sistema elétrico foram resolvidas. No entanto, a principal desvantagem da terceira versão, apresentada aqui pela Figura 3.6, foi a falta de espaço para a adição de outros elementos, como a instalação de um aspirador de pó caseiro.

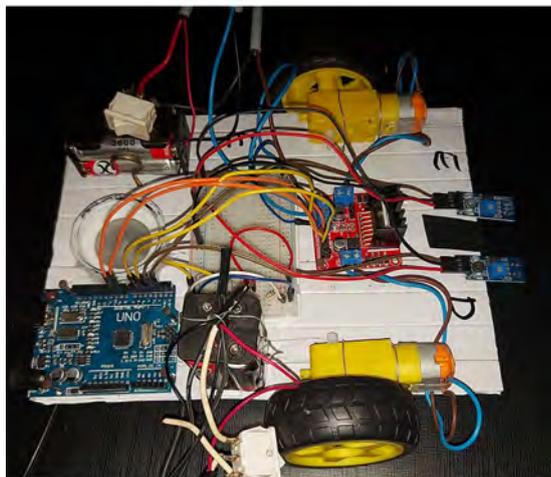


Figura 3.6: Botsu: versão 3

Fonte: autor

A Quarta Versão

A Figura 3.7 (lado esquerdo) apresenta o Botsu na sua quarta versão, que representa um grande avanço em termos de materiais de baixo custo,

aprimoramento do sistema elétrico e uma disposição mais eficiente dos componentes em relação as demais versões. Uma das principais melhorias foi a concepção de um segundo andar para o Botsu, tornando a instalação do aspirador de pó mais acessível. Além disso, realizou-se a troca da roda de 360 graus da parte traseira, pois a roda anterior começou a apresentar travamentos que resultavam na saída do robô da pista durante os testes de percurso. A base original também foi substituída por uma capa dura de caderno, o que tornou mais fácil a instalação dos componentes. Nesta versão os motores foram montados na parte inferior e firmemente fixados com braçadeiras de Nylon, arame e cola quente. Para abrigar os sensores infravermelhos, recortou-se e colou-se um para-choque de papelão na parte dianteira. A protoboard e a placa Uno foram movidas para o segundo andar do robô, enquanto o módulo Ponte H foi reposicionado mais centralmente na base. As pilhas foram realocadas para a parte traseira, incluindo as quatro pilhas AA e a bateria de 9V. Vale ressaltar que o segundo andar foi elevado com pilares feitos de canetas antigas, unidos com cola quente.

Embora a quarta versão tenha alcançado sucesso no aprimoramento do sistema elétrico, ela enfrentou desafios de estabilidade durante os testes de percurso. Isso ocorreu, em parte, devido ao desequilíbrio causado pelo peso desproporcional dos componentes. Além disso, o aspirador de pó planejado não foi instalado. Durante os testes no percurso, notou-se que o robô estava se partindo devido ao excesso de peso.

A Quinta Versão

Com os desafios encontrados nas versões anteriores, avançou-se para a quinta versão, representada aqui pela Figura 3.7 (lado direito da imagem). Nesta iteração de desenvolvimento retornou-se à ideia do uso de PVC rígido, o que eliminou o problema das rachaduras causadas pelo peso excessivo. As laterais foram reinseridas, formando uma estrutura cúbica, permitindo a instalação do aspirador de pó. Além disso, incorporou-se um sensor na parte dianteira que foi capaz de detectar objetos.

No que diz respeito à disposição dos componentes, nesta quinta versão eles foram acoplados de forma mais equilibrada na base, com melhorias na instalação para evitar conexões deficientes no sistema elétrico. No que se refere aos motores, foram mantidos os dois motores com caixa de redução na parte dianteira e a roda de 360 graus centralizada na parte traseira.

Em relação à distribuição das baterias, buscou-se por um equilíbrio de peso. No entanto, persistiram alguns desafios, como o tamanho do robô em relação à pista, o consumo elevado de energia devido ao peso adicional e um aumento de custos decorrente da inclusão de mais um sensor.



Figura 3.7: Botsu: lado esquerdo (versão 4) lado direito (versão 5)

Fonte: autor

A Sexta Versão

A Figura 3.8 apresenta a sexta e última versão do Botsu, que configura a última versão desenvolvida. O trabalho foi iniciado pelo aprimoramento da estrutura da base. A base, com dimensões de 10 centímetros de largura e 16 centímetros de comprimento foi construída com material MDF. As placas Uno e a protoboard foram estrategicamente posicionadas na parte traseira, enquanto o módulo ponte H foi instalado na parte dianteira. A caixa de bateria foi habilmente fixada na parte inferior da base e a bateria que alimenta a placa Uno encontrou seu lugar no topo do robô. Os motores da caixa de redução foram cuidadosamente instalados na parte dianteira. Foram utilizados quatro pilares de calha de aço galvanizado para sustentar o teto de PVC rígido, garantindo firmeza ao conjunto com o auxílio de oito jogos de parafusos, arruelas e porcas. Para otimizar o recolhimento de resíduos, foi desenvolvido um sistema baseado em "patrolas", representadas por lâminas, cuja função consistiu em empurrar objetos, como o lixo, durante a movimentação.

As lâminas do Botsu foram confeccionadas com papelão (duas unidades), medindo aproximadamente 20 centímetros de comprimento e 4 centímetros de largura. Para criar uma configuração em 'V', com essas duas

lâminas, utilizou-se um cabide de chinelo. Os palitos (hashi) foram empregados para fixar as lâminas na base do Botsu, evitando assim o contato indesejado com os sensores seguidores de linha. Para regular a mangueira sanfonada do aspirador aplicou-se um arame. Todos os componentes foram unidos com cola quente.

O aspirador de pó desta versão foi confeccionado utilizando uma garrafa pet de 2 litros, mangueira sanfonada (encontrada em construções civis), motor DC 5V e uma hélice fabricada a partir do fundo de uma lata de alumínio de leite em pó. Para fixar a hélice no motor, recorreu-se a hastes flexíveis (canudinho de limpar ouvido) e a tampinhas de garrafa pet. O filtro foi elaborado com arame para o aro e uma meia fina para a tela, impedindo qualquer contato indesejado com a hélice através de uma fita de ACM colada internamente na garrafa pet. Para deixar o aspirador de pó preso ao teto do robô, foram utilizados fita velcro, elástico e fita isolante. As laterais do Botsu foram feitas de papelão e velcro para facilitar na remoção para futuras atualizações. Esses refinamentos na última versão do Botsu contribuíram significativamente para eficácia e desempenho.

Considerando a necessidade de entrada e saída de ar no aspirador, foram realizados furos na parte traseira. Para a conexão entre o motor e a placa, soldou-se fios, criando uma extensão e conectores com um adaptador de cabo. Importante mencionar que a roda traseira do tipo 360 graus foi revestida com borracha para maior aderência na pista, e para garantir uma direção mais firme, foram instalados dois parafusos maiores limitando o movimento da roda.

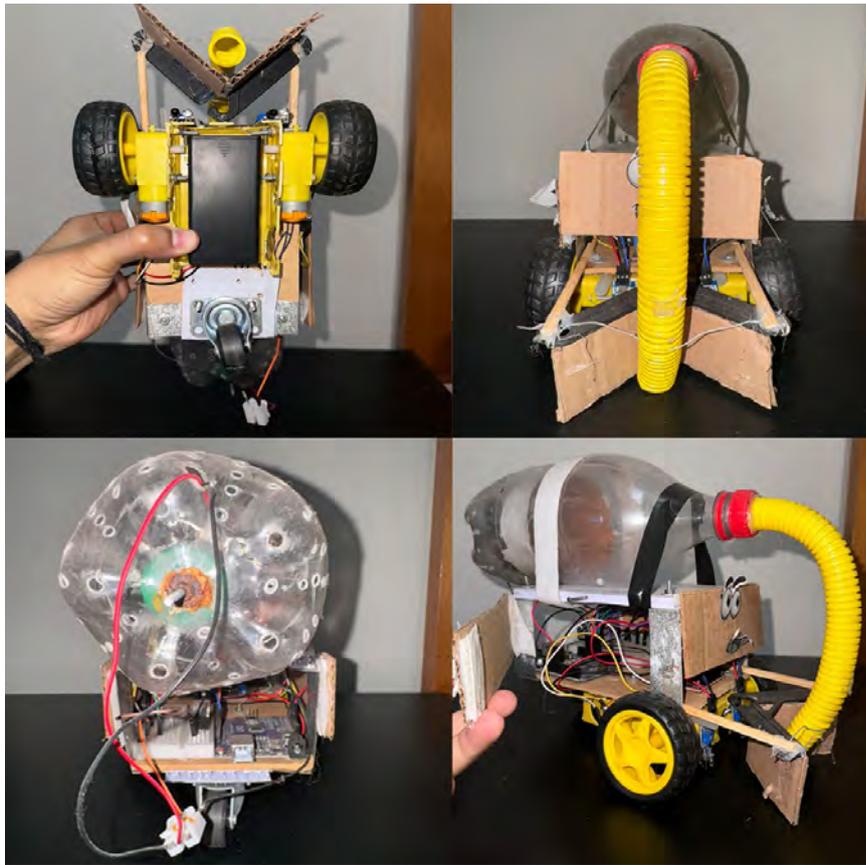


Figura 3.8: Botsu: versão final

Fonte: autor

3.2.3 A Pista de Testes

A Figura 3.9 apresenta a pista de percurso do Botsu. A composição da pista envolveu duas tábuas de MDF prensado (originadas de um guarda-roupas), com coloração branca e dimensões de 87 centímetros de largura por 115 centímetros de comprimento. Para percorrer a trajetória o robô utilizou fita isolante preta como guia.

Destaca-se que, durante o percurso, o Botsu realizou a coleta simulada de lixo (bolinhas de isopor) por meio de seu aspirador de pó. A junção das duas tábuas, quando aproximadas, resulta nas dimensões anteriormente mencionadas. Esse cenário não apenas ressaltou a capacidade do robô de seguir a rota delineada pela fita, mas também demonstrou eficácia na operação de recolhimento de resíduos simulados ao longo do caminho.

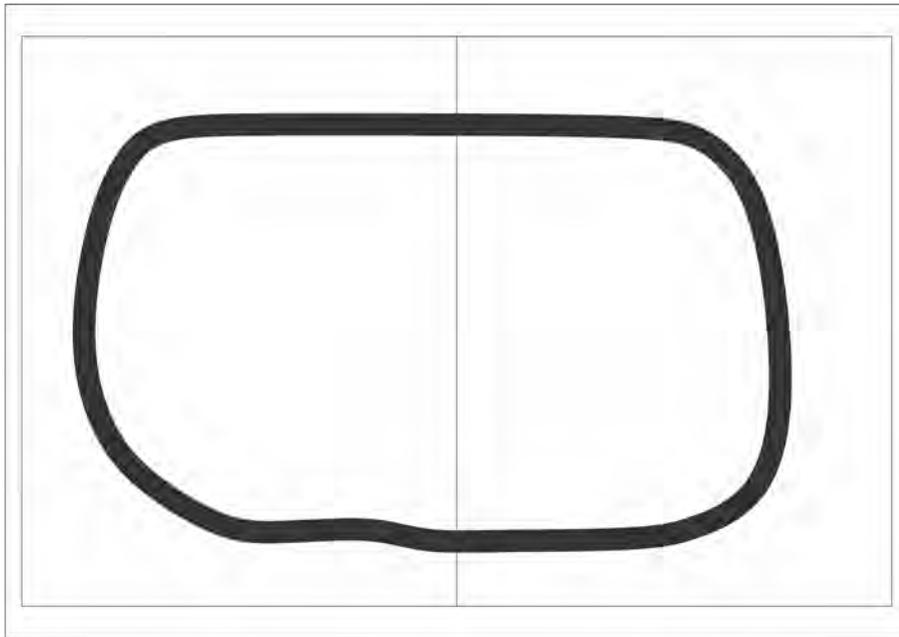


Figura 3.9: Percurso

Fonte: autor

3.2.4 Plataforma Botsu: Vídeos para Montagem do Robô

Nesta Seção descreve-se o roteiro para a montagem da versão final do protótipo robótico Botsu, a sexta versão. Os vídeos estão disponíveis na página "VídeoAulas", da plataforma web do Botsu. Os vídeos apresentam as escolhas finais para cortes e tamanhos de peças, após os testes das versões iniciais, considerando sempre, quando possível, a opção por materiais de lixo reciclável. Cada figura desta seção foi retirada de um vídeo incluído na plataforma web. Na plataforma os botões com links para os vídeos devem ser acessados consecutivamente, conforme o roteiro apresentado a seguir.

Vídeo Inicial: Introdução

O vídeo de introdução, conforme apresentado pela Figura 3.10, apresenta um resumo sobre o tema que será abordado no website. O vídeo destaca que o conteúdo do canal é destinado a instruir sobre a construção de um robô de baixo custo, em parte com material reciclável, sem a necessidade de conhecimento prévio em programação ou robótica.



Figura 3.10: Vídeo de introdução

Fonte: autor

Neste vídeo discute-se também que o objetivo da plataforma Botsu é tornar a construção de robôs mais acessível, divertida e educativa, mesmo para iniciantes. Enfatiza-se a importância da sustentabilidade ao criar robôs de baixo custo, oferecendo direcionamentos sobre a construção e programação de robôs para pessoas com diversos níveis de habilidade. Por fim, o vídeo destaca a robótica sustentável como uma forma de aprendizado prático e inovador.

Vídeo da Parte 1

Neste vídeo, destacado aqui pela Figura 3.11, discute-se a construção da base de um robô utilizando uma caixa de luz, peças em MDF e outros materiais. Por se tratar de um material frágil, destaca-se que foi realizada uma medição cuidadosa, antes de se cortar o material MDF para a base do robô. Além disso, o espaço para a caixa de luz foi recortado, para a instalação de motores, caixa de redução e sensores. Para os cortes realizados foram utilizadas ferramentas alternativas, como tesoura de cortar calha e faca de serra pequena. No final também são sugeridos outros materiais que poderiam compor a base, como por exemplo forro de PVC ou capa de livro. Por fim, o vídeo destaca que não se deve realizar os procedimentos de construção do robô sozinho, caso seja menor de idade.

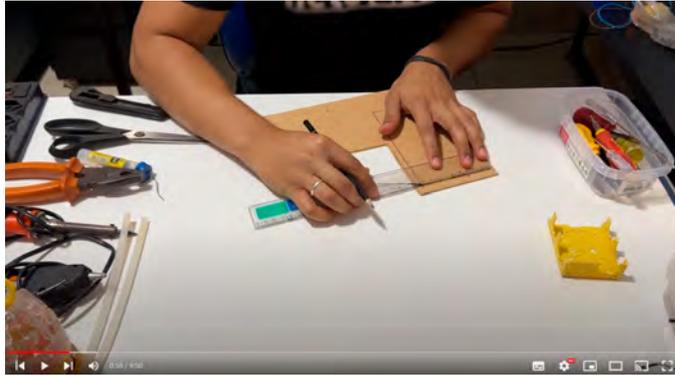


Figura 3.11: Montagem Parte 1

Fonte: autor

Vídeo da Parte 2

No vídeo da Parte 2, destacado aqui pela Figura 3.12, discute-se a continuidade de montagem do robô, realizando agora toda a marcação e os furos necessários para o encaixe dos sensores, dos motores, da bateria, da rodinha 360, do eixo e os pilares. Destaca-se que o processo de marcação e de furos deve ser preciso, para permitir o encaixe dos componentes. Discute-se que a instalação dos sensores seguidores de linha é uma tarefa necessária, para garantir que o percurso do robô seja realizado na faixa preta da pista. Discute-se ainda que a fixação dos pilares na base foi realizada utilizando parafusos e arruelas. Por fim, o vídeo destaca que é preciso manter detalhes com a estética para o bom funcionamento das peças, realizando ações como a de lixar imperfeições para permitir encaixe e acabamento mais suave.



Figura 3.12: Montagem Parte 2

Fonte: autor

Vídeo da Parte 3

No vídeo da Parte 3, destacado aqui pela Figura 3.13, discutem-se os próximos passos para a montagem do robô, agora com orientações sobre o processo de conexões necessárias. As orientações incluem a soldagem dos fios nos motores, a instalação da Ponte H, a adaptação da rodinha de 360 graus, a fixação da protoboard e da placa de Arduino Uno. Inicialmente o vídeo apresenta o processo de soldagem dos fios nos motores, que é seguido pela montagem da ponte H. Destaca-se que a adaptação da rodinha de 360 graus foi necessária para gerar melhor estabilidade e aderência. Mostra-se que a fixação da protoboard e da placa de Arduino Uno é realizada com cola quente. Explica-se sobre os motivos da utilização de parafusos invertidos para evitar conflito com a bateria.

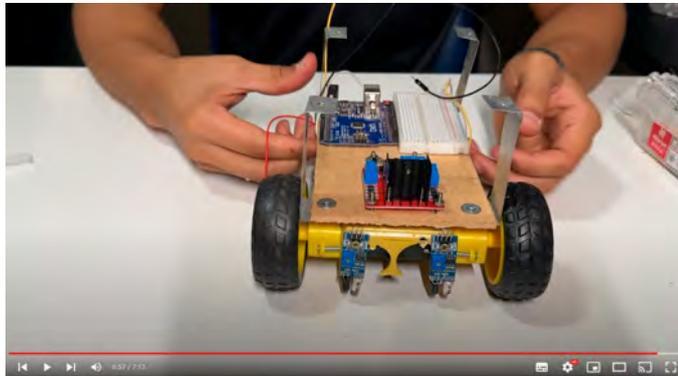


Figura 3.13: Montagem Parte 3

Fonte: autor

Vídeo da Parte 4

No vídeo da Parte 4, destacado aqui pela Figura 3.14, discutem-se os passos de montagem dos sensores seguidores de linha e das conexões dos motores, ponte H e placa Uno. No geral, o vídeo detalha o passo a passo de montagem e conexão de vários componentes, incluindo sensores, motores, ponte H, placa Uno e bateria. Explicam-se os seguintes processos de conexão:

- Sensores seguidores de linha com a placa arduino;
- Motores com a placa da ponte H;
- Placa da ponte H com a placa Uno e a portoboard.

A explanação fornecida no vídeo enfatiza a importância de conexões adequadas para que o projeto funcione corretamente.

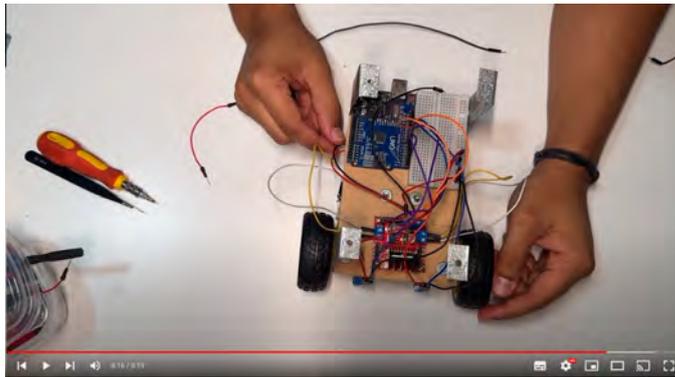


Figura 3.14: Montagem Parte 4

Fonte: autor

Vídeo da Parte 5

No vídeo da Parte 5, destacado aqui pela Figura 3.15, uma explanação dos seguintes pontos é apresentada:

- Montagem e pré-instalação dos fios para o aspirador de pó usando TIP e resistores.
- Conexão dos sensores de linha, motores e comandos na placa Uno.
- Conexão da energia da bateria e dos 5V na Ponte H.
- Preparação dos fios para instalação do aspirador de pó, com destaque para evitar conexão direta com as linhas de energia na protoboard.

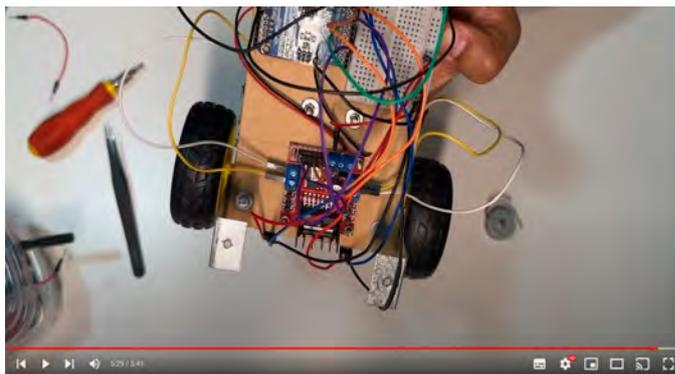


Figura 3.15: Montagem Parte 5

Fonte: autor

Vídeo da Parte 6

No vídeo da Parte 6, destacado aqui pela Figura 3.16, apresenta-se o passo a passo da construção de um aspirador de pó caseiro, utilizando

materiais simples e um motor DC de 5v. Para esse processo os seguinte tópicos são discutidos e detalhados:

- Utilização de garrafa PET, motor DC, lata, canudinho e filtro de meia velha para construção do aspirador de pó;
- Demonstração da soldagem dos fios do motor e criação de furos para a saída de ar do aspirador;
- Detalhamento do processo de corte da garrafa PET e da lata para a montagem da carcaça e da hélice;
- Utilização de suporte feito com a tampa da garrafa para fixação do motor na base.



Figura 3.16: Montagem Parte 6

Fonte: autor

Vídeo da Parte 7

No vídeo da Parte 7, destacado aqui pela Figura 3.17, apresenta-se a continuidade de construção do aspirador de pó caseiro, com a fixação do motor e colagem de uma hélice. Para esse processo os seguinte tópicos são discutidos e detalhados:

- Instalação da hélice na garrafa PET para teste de funcionamento;
- Criação de barreira com fita de EVA para distanciar o filtro do motor;
- Uso de material de PVC para criar a parte superior do robô;
- Planejamento da função de empurrar e sugar resíduos, com papelão e mangueira de aspirador de pó.

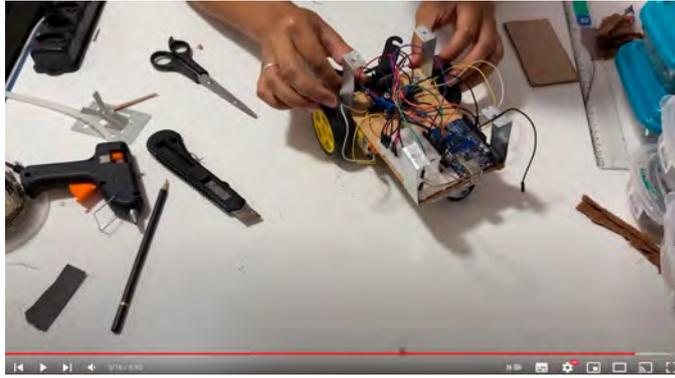


Figura 3.17: Montagem Parte 7

Fonte: autor

Vídeo da Parte 8

No vídeo da Parte 8, destacado aqui pela Figura 3.18, são apresentados os detalhes finais para montagem do robô. No vídeo são discutidas modificações no processo e detalhes sobre a energia fornecida à placa Uno, explicação do sistema de pá e alteração da mangueira de sucção. De forma mais detalhada os seguintes tópicos são discutidos:

- Troca da mangueira que era de máquina de lavar por uma de construção mais flexível;
- Adição de laterais de papelão para maior elegância e facilidade de acesso às partes internas;
- Alterações na alimentação da placa Uno utilizando cabos conectados à protoboard;
- Adição de lâminas na frente do robô para auxiliar na coleta de lixo.



Figura 3.18: Montagem Parte 8

Fonte: autor

Por fim no vídeo é apresentado o robô Botsu em uma demonstração de funcionamento no qual ele realiza coleta de bolinhas de isopor na pista.

Material

A página “MATERIAL” é uma seção importante do website do Botsu, ela foi projetada para fornecer aos usuários recursos essenciais que os ajudarão a explorar e entender completamente o Botsu.

Ao acessar esta página, os usuários encontrarão uma riqueza de informações úteis. A primeira seção da página consiste em um vídeo informativo, apresentando dicas importantes para maximizar a experiência com o Botsu. Esse vídeo aborda uma variedade de tópicos para otimizar o desempenho.

Além disso, a página também inclui um vídeo dedicado a explicar detalhadamente o código-fonte do Botsu. Este vídeo oferece uma visão abrangente do código-fonte, destacando as principais funcionalidades e algoritmos, que impulsionam o Botsu. Com explicações claras e exemplos práticos, os usuários poderão compreender melhor o funcionamento interno do Botsu e até mesmo explorar possibilidades de personalização e modificação do código.

Além dos vídeos informativos, a página também oferece acesso a uma variedade de recursos para download. Os usuários encontrarão links para baixar o código-fonte do Botsu, juntamente com um manual de instruções abrangente que fornece orientações detalhadas sobre a montagem,

configuração e operação do Botsu. Além disso, são disponibilizados arquivos extras para impressão.

Em resumo, a página é uma fonte indispensável de recursos e informações para todos aqueles interessados em explorar o mundo da robótica sustentável com o Botsu, por meio de vídeos instrutivos, acesso ao código-fonte, manuais de instrução e arquivos extras para impressão.



Figura 3.19: Material

Fonte: autor

Contato

Por meio da página de Contato (Figura 3.20) o usuário poderá enviar suas dúvidas, sugestões ou até mesmo um agradecimento de forma fácil e direta. Basta preencher um campo com o nome e endereço de e-mail, escrever uma mensagem no espaço fornecido e clicar em “Enviar”.



Figura 3.20: Contato

Fonte: autor

Sobre Nós

Na página “Sobre Nós”, apresentada aqui pela Figura 3.21, são encontradas informações sobre quem somos e o que fazemos. É um espaço onde compartilhamos nossa história, missão e valores.



Figura 3.21: Sobre Nós

Fonte: autor

3.2.5 Principais Componentes Eletrônicos do Botsu

A seguir, é apresentada uma lista dos componentes eletrônicos, conforme Figura 3.22 que integram o projeto Botsu, acompanhada da descrição de cada um:

- (a) **Motor Caixa de Redução e Eixo Duplo - A:** Motor (3-6V) contém uma caixa de redução de velocidade é composta de engrenagens que permitem reduzir a velocidade do movimento de rotação dos motores de uma máquina, transferindo-a para os eixos de tração do equipamento.
- (b) **Motor DC - B:** Motor (5-6V) elétrico que usa corrente contínua para produzir força mecânica.
- (c) **Placa Arduino Uno R3 - C:** É uma plataforma de desenvolvimento open source de hardware e código fonte, com um microcontrolador Atmel de 8 bits, fácil conexão com computadores por meio de comunicação USB para se comunicar com a sua IDE.
- (d) **Placa Protoboard - D:** Dispõe de 400 pontos para simplificar o sistema elétrico e facilitar as conexões entre os componentes.
- (e) **Seguidor de Linha - E:** Sensor de Obstáculos Reflexivo Infravermelho.
- (f) **Módulo Ponte H L298N - F:** 6-35V Drive de Motor DC com 2 Canais.
- (g) **Transistor TIP31C - G:** Utilizado na maioria dos casos para controlador de potência.

(h) **Resistor 150r - H:** Componente eletrônico utilizado em circuitos como forma de limitar a corrente elétrica.

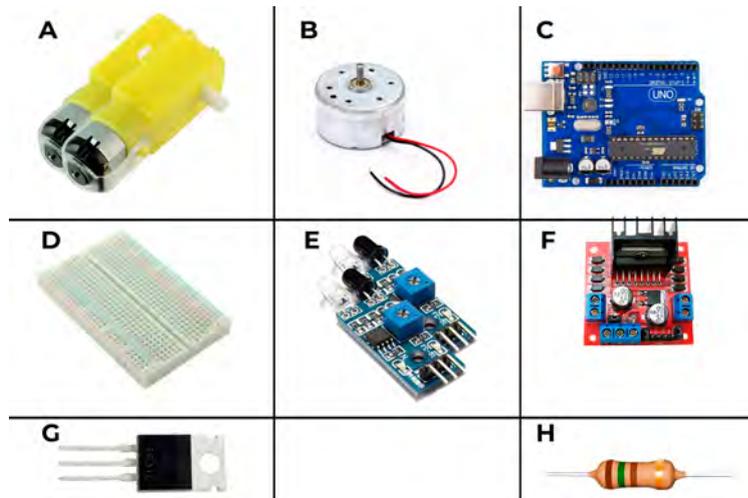


Figura 3.22: Mosaico dos componentes eletrônicos
Fonte: autor

3.2.6 Principais Funções do Código Fonte

Por fim, são apresentadas as assinaturas das principais funções do código fonte do Botsu.

```
1 //SEGUIR LINHA PRETA
2 void SeguirLinha() {
3   analogWrite(motor1,0); // RE ESQUERDA (0-255)
4   analogWrite(motor2,60); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
5   analogWrite(motor3,60); // FRENTE DIREITA (0-255)
6   analogWrite(motor4,0); // RE DIREITA (0-255)
7 }
8
9 //PARADO
10 void Parado() {
11   analogWrite(motor1,0); // RE ESQUERDA (0-255)
12   analogWrite(motor2,0); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
13   analogWrite(motor3,0); // FRENTE DIREITA (0-255)
14   analogWrite(motor4,0); // RE DIREITA (0-255)
15 }
16
17 //VIRAR PARA DIREITA
18 void VirarDireita() {
19   analogWrite(motor1,0); // RE ESQUERDA (0-255)
20   analogWrite(motor2,60); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
```

```
21 analogWrite(motor3,0); // FRENTE DIREITA (0-255)
22 analogWrite(motor4,60); // RE DIREITA (0-255)
23 }
24
25 //VIRAR PARA ESQUERDA
26 void VirarEsquerda(){
27 analogWrite(motor1,60); // RE ESQUERDA (0-255)
28 analogWrite(motor2,0); // FRENTE ESQUERDA (0-255)
29 analogWrite(motor3,60); // FRENTE DIREITA (0-255)
30 analogWrite(motor4,0); // RE DIREITA (0-255)
31 }
```

Considerações Finais

Um dos grandes desafios do século 21 é o avanço nos estudos em conteúdos didáticos contextualizados a contextos reais da sociedade atual. É preciso um ensino interdisciplinar que envolva conteúdos e problemáticas atuais, seja no contexto social, educacional, ambiental, político e econômico. Neste contexto, o profissional da Informática, assim como qualquer profissional, deve ter em sua formação, além da discussão dos conceitos científicos e técnicos da área, uma formação política, filosófica e cultural mais ampla, de forma a possibilitar uma atuação crítica e autônoma frente aos problemas da sociedade. Neste cenário a educação ambiental como tema transversal, deve permear todas as disciplinas escolares, inclusive as científicas, procurando alcançar objetivos como conscientização de problemas locais e globais, aquisição de conhecimento, competências para propor alternativas, mudança de comportamento e participação ativa na sociedade Oliveira et al. (2013).

Este trabalho discutiu a iniciativa Botsu, como uma ferramenta educacional de auxílio para professores e alunos, que tenham interesse em desafios educacionais em robótica relacionados com problemas ambientais emergentes, em específico a destinação de lixo reciclável. Trata-se da robótica sustentável, que buscar pensar sobre o meio ambiente e a sustentabilidade na área. Unir robótica e o ensino de sustentabilidade envolve múltiplas opções. É possível abordar, por exemplo, o tema reciclagem no reuso de materiais na construção de robôs, tal como o uso de componentes tecnológicos classificados como sucata digital e resíduos sólidos, como plásticos, fios e objetos de madeira. Outra opção é propor

aos estudantes temas e desafios relacionados às questões ambientais. Um dos grandes desafios, por exemplo, é o destino da crescente quantidade de lixo, trata-se de um problema a ser pensado pela administração pública e a sociedade como um todo, incluindo as escolas.

O contato das crianças na proposição de soluções para problemas ambientais do cotidiano das cidades, por meio da robótica, foi a grande motivação deste projeto. A plataforma web Botsu é o primeiro passo de um projeto que pode ser expandido para abordar novos desafios no ensino de educação ambiental com robótica, em especial no ensino básico. O objetivo da iniciativa Botsu é tornar a robótica a porta de entrada para discussão sobre meio ambiente, em um processo desafiador e criativo, que envolve pesquisa e raciocínio lógico, colocando o aluno como protagonista da sua aprendizagem.

4.0.1 Registro do Código Fonte

A Figura 4.1 apresenta o Certificado de registro de programa de computador, identificado pelo número do processo BR512023002478-3, concedido pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).



Figura 4.1: Certificado de registro de programa de computador
Fonte: autor

4.1 Trabalhos Futuros

Com base no desenvolvimento inicial da plataforma Botsu e na busca contínua por inovação e aprimoramento, algumas áreas emergem como potenciais focos para trabalhos futuros:

- **Expansão de Conteúdo:** Ampliação da variedade de vídeos e tutoriais, abrangendo novos conceitos e desafios robóticos, oferecendo uma gama mais abrangente de oportunidades educativas em educação ambiental.
- **Desenvolvimento de Comunidade:** Estabelecimento de uma comunidade online associada ao Botsu, onde educadores, estudantes e entusiastas possam compartilhar ideias, projetos e colaborar, promovendo um ambiente colaborativo. Além disso, pretende-se criar uma seção de avaliação da iniciativa Botsu na plataforma web, para que se possa gerar análises sobre a utilização do material e o feed-

back com o público alvo.

- **Publicação de Artigos:** Elaboração de artigos científicos provenientes desta pesquisa, a serem submetidos e apresentados em conferências da área, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Ao direcionar esforços para essas áreas, buscamos não apenas otimizar a plataforma Botsu, mas também alinhar suas funcionalidades e recursos às necessidades dinâmicas da educação em robótica, garantindo um impacto educacional positivo e sustentável.

Referências Bibliográficas

- Alves, G. R. O. e Flexor, C. L. O. (2020). O impacto das cidades inteligentes sobre a emergência do letramento transmiio impacto das cidades inteligentes sobre a emergência do letramento transmidiático. *Humanidades & Inovação*, 7(6):221–229.
- Andriola, W. B. (2021). Impactos da robótica no ensino básico: estudo comparativo entre escolas públicas e privadas. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27.
- Antonello, R., Oliveira, R. G., Belilaqua, R. D., Becker, R. M., Cardozo, Y. C. V., et al. (2020). Robôs como ferramenta extensionista: a experiência do projeto de robótica pedagógica com a tecnologia de robôs lego mindstorms® do ifc-campus luzerna. *Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense*, (12):42–61.
- Araiza, E., Morris, M., e Integlia, R. (2019). Using sustainable robotics in an intelligent robotic gardening system for education. In *2019 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)*, páginas 1–5. IEEE.
- Baldow, R., de Farias Filho, E. N., Lins, W. C. B., e Leão, M. B. C. (2022). Comparando práticas pedagógicas com a robótica sustentável e a tradicional tendo com fundamentação teórico-metodológica a aprendizagem colaborativa no ensino de eletricidade. *Experiências em Ensino de Ciências*, 17(1):458–484.
- Bravo, T. L., Peçanha, A. L., Werner, E. T., e Santos, A. A. O. (2018). Educação ambiental e percepção da implantação de coleta seletiva de lixo urbano em de alegre, es. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 7(1):375–396.

- Campos, F. R. (2017). Robótica educacional no brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. *Revista ibero-americana de estudos em educação*, 12(4):2108–2121.
- Cufí, X., Figueras, A., Muntaner, E., Calm, R., Quevedo, E., Vega, D., Loustau, J., Gil, J. J., e Brito, J. H. (2021). Edurovs: A low cost and sustainable remotely operated vehicles educational program. *Sustainability*, 13(15):8657.
- da Silva, J. B., de Almeida, D. K. R. S., Júnior, J. A. D., e da Costa, D. F. (2020). Cultura maker e robótica sustentável no ensino de ciências: Um relato de experiência com alunos do ensino fundamental. In *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*, páginas 620–626. SBC.
- da Silva Reis, E. K. (2021). O uso da logística reversa para minimizar os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(8):843–859.
- de Albuquerque, E. S., Baldow, R., Silva, B., e Leite, M. B. C. L. (2019). Robótica sustentável e o ensino de química: uma prática pedagógica utilizando lixo eletrônico. *XII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS–XII ENPEC. Anais... Natal, RN, ABRAPEC*, páginas 01–07.
- de Albuquerque Maranhão, R. (2020). As ações do ministério da ciência, tecnologia, inovações e telecomunicações no combate ao novo coronavírus. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, 1(3):45–57.
- do Nascimento, C. J. (Fev de 2019). edubot sistemas de ensino. Disponível no link: <https://edubot.com.br>. Acessado: 06/Novembro/2023.
- D'Abreu, J. V. V., Ramos, J. J., Mirisola, L. G., e Bernardi, N. (2013). Robótica educativa/pedagógica na era digital. In *II Congresso Internacional TIC e Educação*, volume 15.
- Education, B. (2013). Bq. Disponível no link: <https://educacion.bq.com>. Acessado: 24/Agosto/2022.
- ELETROGATE (2012). Eletrogate: Arduino e robótica. Disponível no link: <https://www.eletrogate.com/>. Acessado: 06/Novembro/2023.
- ELETROGATE (2017). T.r.o.n - robótica educativa. Disponível no link: <https://tron-edu.com>. Acessado: 06/Novembro/2023.

- Falah, B. e Noredine, H. (2017). Pedagogical robotics—a way to experiment and innovate in educational teaching in morocco. *International Journal of Education and Learning Systems*, 2.
- Fernandes, A. P. L. M., Costa, C. E., de Oliveira Barros, A. T., de Araújo Ferreira, L., dos Santos, L. C., André, L. M., e da Silva, S. M. D. (2010). Educação ambiental voltada para coleta seletiva de lixo no ensino infantil. um exemplo prático em arapiraca-al. *VII SEGeT—simpósio de excelência em gestão e tecnologia, Rio de Janeiro*.
- Galvão, A. P., Junior, E. L. S., Tavares, E. J. C., de Souza Junior, J. L., Reinoso, L. F., e Neto, M. S. (2020). Robótica sustentável: uma visão de sustentabilidade dos estudantes do ensino fundamental da amazônia em atividades de robótica educacional. *Robótica Sustentável: uma visão de Sustentabilidade dos Estudantes do Ensino Fundamental da Amazônia em Atividades de Robótica Educacional*, pginas 1–388.
- Giese, E. C., Lins, F. A. F., e Xavier, L. H. (2021). Desafios da reciclagem de lixo eletrônico e as cooperativas de mineração urbana. *Brazilian Journal of Business*, 3(5):3647–3660.
- Gomes, J. A. P. e Longo, O. C. (2020). Cidades inteligentes sob a perspectiva da sustentabilidade: Um desafio além da tecnologia. *Brazilian Journal of Development*, 6(8):58805–58824.
- Hartmann, F., Baumgartner, M., e Kaltenbrunner, M. (2021). Becoming sustainable, the new frontier in soft robotics. *Advanced Materials*, 33(19):2004413.
- Ineia, A., de Campos Velho, P., de Andrades Feldens, N. E., da Rosa, C. T. W., e Ellensohn, R. M. (2022). Aprendizagem criativa de robótica educacional na educação de jovens e adultos: perspectiva de desenvolvimento sustentável e acesso a todos. *Research, Society and Development*, 11(7):e28111729994–e28111729994.
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., e Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40:100364.
- Lessa, V., Forigo, F., Teixeira, A., e Licks, G. P. (2015). Programação de computadores e robótica educativa na escola: tendências evidenciadas nas produções do workshop de informática na escola. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 21, pagina 92.

- Lima, S. F., de Albuquerque, M. F. A., de Oliveira, L. S., de Lima, E. P., e Silva, P. H. G. (2016). Robô eco-sustentável para aplicação em robótica educativa utilizando lixo tecnológico. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS*, 3(3):215–215.
- Maciel, L. M. e Leal, D. A. (2022). Robótica educacional: desafios e perspectivas no ensino brasileiro. *Conjecturas*, 22(6):1018–1024.
- Magrin, C. E., Ribas, I. C. L., Ribas, T. A., Vitola, M. S., Treaquin, P., Surdi, J. J., Magrin, C. S., e Todt, E. (2022). Promovendo a aprendizagem da robótica nas escolas com metodologias ativas e o desenvolvimento de um robô móvel acessível para redução das desigualdades sociais. *Anais do Computer on the Beach*, 13:212–219.
- Massimo Banzi, David Cuartielles, T. I. D. M. (2005). Arduino ide. Disponível no link: <https://www.arduino.cc>. Acessado: 21/Novembro/2023.
- Melo, J. R., Cintra, L. S., e Luz, C. N. M. (2020). Educação ambiental: reciclagem do lixo no contexto escolar. *Multidebates*, 4(2):133–141.
- Nicastro, F., Pinto, E. M. M., e Paffaro, S. A. B. (2019). Relato de prática de aprendizagem criativa na educação infantil. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 6(2):143–162.
- Oliveira, A. R., Cidral, E. R., Moura, F., Ferreira, F. A., Riegel, I. M., Colossi, L., e Barros, V. (2013). Educação ambiental no contexto tecnológico: criação de um fliperama utilizando lixo eletrônico. In *Safety Health and Environment World Congress*, volume 13, páginas 290–294.
- Organization, W. H. et al. (2021). *As crianças e as lixeiras digitais: a exposição ao lixo eletrônico e a saúde infantil. Resumo destinado aos decisores políticos*. World Health Organization.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Computers, children, and powerful ideas*. NY: Basic Books, 255.
- Peña, C. (2020). *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa*. RedUsers.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*.
- Resnick, M. (2020). *Jardim de Infância para a vida toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos*. Penso Editora.

- Rocha, M. d. C. S., Barros, A. d. S. X., Rocha, P. S., Barros, B. X., e dos Santos, D. V. (2022). A robótica sustentável como estratégia no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 5(especial).
- Rocha, M. d. C. S., Barros, A. d. S. X., Rocha, P. S., Barros, B. X., e Santos, D. V. (2021). Cultura maker e robótica sustentável na escola. In *Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação*, páginas 391–395. SBC.
- Rogers, Y., Sharp, H., e Preece, J. (2013a). *Design de Interação*. Bookman Editora.
- Rogers, Y., Sharp, H., e Preece, J. (2013b). *Design de Interação*. Bookman Editora.
- Ruiz Vicente, F., Zapatera Llinares, A., e Montés Sánchez, N. (2020). “sustainable city”: A steam project using robotics to bring the city of the future to primary education students. *Sustainability*, 12(22):9696.
- Santos, J. G., Santos, J., e Araujo, V. (2019). Robótica de portas abertas: disseminando o conhecimento da robótica educacional para escolas da rede pública da Paraíba. In *Anais do XXV Workshop de Informática na Escola*, páginas 839–848. SBC.
- Soares, E. A. A., Prado, M. E. B. B., e da Silva Dias, F. A. (2020). Formação do professor da educação básica na perspectiva da aprendizagem criativa. *Revista e-Curriculum*, 18(4):1879–1894.
- Souza, A. P. T., da Silva, E. C. M., de Góes Souza, A., de Barros Braga, M., e de Quadros, C. J. F. (2021). Relato de experiência sobre robótica pedagógica aplicada na região norte no âmbito do programa institucional de bolsas de iniciação à docência (pibid). *Brazilian Journal of Development*, 7(3):32304–32318.
- Williams, E., Swindon, M., Johnson, J., Acevedo, M., Araiza, E., Garcia, B., Ricketts, K., Chandrasekaran, B., Elibol, E., Morris, M., et al. (2019). Toward upcycled and sustainable robotics: Developing an accessible, flexible, and environmentally friendly robotics platform. In *2019 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)*, páginas 1–5. IEEE.
- Yang, Y., Long, Y., Sun, D., Van Aalst, J., e Cheng, S. (2020). Fostering students’ creativity via educational robotics: An investigation of

teachers' pedagogical practices based on teacher interviews. *British journal of educational technology*, 51(5):1826–1842.