



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE CAMPUS FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

FRANCISCO VIEIRA DOS SANTOS

**A UTILIZAÇÃO DO ARDUINO COMO RECURSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO
PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA**

FORTALEZA-CE

2023

FRANCISCO VIEIRA DOS SANTOS

A UTILIZAÇÃO DO ARDUINO COMO RECURSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO
PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA

Projeto de pesquisa apresentado ao curso Pós Graduação *Strictu Sensu* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Juscileide Braga de Castro.

FORTALEZA-CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237u Santos, Francisco Vieira dos.

A utilização do Arduino como recurso didático-pedagógico para o Ensino da Matemática /
Francisco Vieira dos Santos. - 2023.
235 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e
Matemática, Campus Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Juscileide Braga de Castro.

1. Tecnologia. 2. Educação. 3. Matemática. 4. Robótica Educacional. 5. Pensamento
Computação. I Título.

CDD 510.07

FRANCISCO VIEIRA DOS SANTOS

A UTILIZAÇÃO DO ARDUINO COMO RECURSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO
PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA

Projeto de mestrado apresentado ao curso Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre. Área de concentração: Ensino

Aprovado (a) em: 31/03/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Juscileide Braga de Castro (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Fortaleza

Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza

Prof. Dr. Carlos Estevão Rolim Fernandes

Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus* Fortaleza

Prof. Dr. Fernando da Costa Barbosa

Universidade Federal de Catalão (UFCAT) - *Campus* Catalão

A Deus.

Aos meus pais que ainda cuidam de mim em suas orações.

A minha esposa.

Aos mestres, principalmente àquela que com toda empatia caminhou comigo.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por tudo.

A minha família, pelo incentivo, em especial aos meus pais, que implicitamente me guiam e me guardam em suas orações, a minha esposa, que suportou com paciência os momentos solitários no escritório.

A minha orientadora, Professora Jusci, que, em tudo, foi excelente, deixando marcas que levarei para a vida.

A minha amiga e colega de sala, Professora Silvania Marques, pela parceria empreendida e por tantos momentos de diálogos construtivos. A minha amiga e colega Professora Amanda Bazílilo, que nas tantas conversas, as vezes em turbulências, aprendemos a centrar, sentar-se e escrever.

Ao Promidia e Proativa que, nas reuniões, me ajudaram a (re) construir muitas ideias, percebendo quais caminhos seguir e conhecendo meus alvos na pesquisa.

Aos demais amigos e colegas de estudo, em especial aos que me acompanharam durante o mestrado, que vivenciaram comigo os desafios e me ajudaram a vencê-los, agradeço o carinho, o apoio, o acolhimento, a paciência, os conselhos, os ensinamentos, as críticas e as palavras motivadoras, tudo foi uma mescla que, em mim, gerou o combustível necessário para prosseguir, na crença que DEUS me permitiu entrar, sendo o mesmo me permitiria sair.

Aos professores, que muito contribuíram com minha formação acadêmica – não somente os do curso, mas também àquela que me alfabetizou (segurando a minha mão para escrever a letra E), professora Inês Escórcio – agradeço os ensinamentos, as orientações, as lições de vida, os risos e a atenção. Vocês são verdadeiros mestres.

Ao Projeto Social Raio de Esperança e a Unidade Escolar de Ensino Médio Otávio Escórcio Gomes, que abriram as portas e cederam alunos, espaços e toda a atenção possível para a realização da pesquisa.

Ora, àquele que é poderoso para fazer tudo muito mais abundantemente além daquilo que pedimos ou pensamos, segundo o poder que em nós opera.

Efésios 3: 20

RESUMO

As intensas transformações ocorridas na sociedade sob a égide da tecnologia têm encaminhado mudanças expressivas na Educação. Diversos paradigmas foram, ao longo dos anos, desconstruídos e passou-se a rumar em direção à novas perspectivas e reflexões, como o Ensino da Matemática, que mesmo com seus contributos históricos, ainda é um gargalo a ser resolvido nas escolas. Uma alternativa, seguindo o escopo deste trabalho, é apontada pelo professor e pesquisador Seymour Papert, ainda na década de 1960. A ideia principal foi utilizar o computador para ensinar Matemática para as crianças, a partir de um ambiente de programação chamado *Logo*, criando a teoria de aprendizagem Construcionismo. Os estudos de Papert repercutiram e ajudaram a fincar os pressupostos do que hoje se conhece como Robótica Educacional (RE). Atualmente, a RE tem ganhado espaço, sendo vista como uma maneira de contribuir para que os estudantes possam aprender não somente conteúdos específicos e isolados, mas também desenvolver competências e habilidades para a vivência em sociedade, como o Pensamento Computacional (PC). No Brasil, com a homologação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as tecnologias na Educação ganharam novos significados, agora os estudantes precisam não somente utilizar ou consumi-las, sendo instigados a produzirem em um processo crítico e reflexivo. Emerge-se então, que os espaços escolares precisam proporcionar aos alunos novas experiências de aprendizagem associadas à sua realidade, principalmente na área da Matemática, uma vez que os estudantes apresentam baixa proficiência. A convergência empreendida recai no uso da RE, essencialmente a de baixo custo, podendo utilizar a placa de prototipagem Arduino e seus módulos. Para tanto, a presente pesquisa busca investigar as possibilidades didáticas do uso da plataforma Arduino no Ensino da Matemática na primeira série do Ensino Médio a partir de problemas reais identificados pelos alunos. A metodologia empregada baseia-se na pesquisa qualitativa, assumindo como instrumentos de coleta a entrevista, diário de bordo, aplicação de questionários, fotografias e filmagens. Para análise dos dados gerados será usada a Análise de Conteúdo, sendo estruturados e categorizados a fim de responder os objetivos propostos. Constatou-se a mobilização de conhecimentos matemáticos, divididos em duas categorias principais, considerando a construção de protótipos físicos: Conhecimentos Matemáticos Acessados e Conhecimentos Matemáticos Aprendidos. Quando analisados a utilização de simuladores surgiram as categorias Geometria, Unidades de Medida e Cálculo por Estimagem. Para além disso, o estudo também apresentou possibilidades de atividades matemáticas a partir das soluções de problemas reais por meio do Arduino e verificou-se o engajamento dos alunos no contexto do PC. Por conseguinte, os resultados deste estudo contribuem para a melhor compreensão sobre os conhecimentos matemáticos mobilizados na RE considerando o Construcionismo e possibilidades futuras para atividades com robótica, além de referendar a importância do PC como habilidade para resolução de problemas e mecanismo de engajamento.

Palavras-chave: Tecnologia. Educação. Matemática. Robótica Educacional. Pensamento Computacional.

ABSTRACT

The intense transformations that have taken place in society under the aegis of technology have led to significant changes in Education. Several paradigms were, over the years, deconstructed and started to move towards new perspectives and reflections, such as the Mathematics Teaching, which even with its historical contributions, is still a problem to be solved in schools. An alternative, following the scope of this work, is pointed out by teacher and researcher Seymour Papert, still in the 1960s. The main idea was to use the computer to teach Mathematics to children, from a programming environment called Logo, creating the learning theory constructionism. Papert's studies had repercussions and helped to establish the assumptions of what is known today as Educational Robotics (ER). Currently, RE has gained space, being seen as a way to help students learn not only specific and isolated content, but also to develop skills and abilities for coexistence in society, such as Computational Thinking (CT). In Brazil, with the homologation of the National Common Curriculum Base (BNCC), technologies in education have gained new meanings, now students do not just need to use or consume them, being encouraged to produce in a critical and reflective process. It appears, then, that school spaces need to provide students with new learning experiences associated with their reality, especially in the area of mathematics, since students have low proficiency. The convergence undertaken is based on the use of RE, essentially the low-cost one, being able to use the Arduino prototyping board and its modules. Therefore, this research seeks to investigate the didactic possibilities of using the Arduino platform in Mathematics Teaching in the first year of High School based on real problems identified by the students. The methodology used is based on qualitative research, assuming the interview, logbook, application of questionnaires, photographs and filming as data collection instruments. Content Analysis was used to analyze the collected data, which were structured and categorized in order to respond to the proposed objectives. The mobilization of mathematical knowledge was verified, divided into two main categories, considering the construction of physical prototypes: Mathematical Knowledge Accessed and Mathematical Knowledge Learned. When analyzing the use of simulators, the following categories emerged: Geometry, Units of Measure and Calculation by Estimation. In addition, the study also presented possibilities for mathematical activities based on the solutions of real problems through Arduino and verified the engagement of students in the context of the PC. Therefore, the results of this study contribute to a better understanding of the mathematical knowledge mobilized in RE considering Constructionism and future possibilities for activities with robotics, in addition to endorsing the importance of CP as a problem-solving skill and engagement mechanism.

Keywords: Technology. Education. Math. Educational Robotics. Computational Thinking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— Representação de uma placa de Arduino Uno R3.....	64
Figura 2	— Ambiente de programação Arduino IDE.....	66
Figura 3	— Detalhamento teórico da metodologia da dissertação.....	71
Figura 4	— Esquema ilustrativo da etapa 03.....	76
Figura 5	— Interface do IDE Arduino.....	78
Figura 6	— Fases e subprocessos da AC.....	84
Figura 7	— Nuvem de palavras formada pelas respostas dos alunos no questionário inicial	88
Figura 8	— Diagrama mostrando os problemas específicos e comuns de cada cidade.....	90
Figura 9	— Aplicações utilizadas com os alunos: <i>Lightbot</i> , <i>Doodles</i> e <i>Code.org</i>	95
Figura 10	— Alunos da turma de Caucaia-CE programando um robô no <i>studiocode.org</i>	96
Figura 11	— Texto elaborado pelo estudante EC01 que sintetiza o que aprendeu sobre algoritmos durante a aula.....	96
Figura 12	— Circuito e <i>sketch</i> em bloco criado no <i>Tinkercad</i>	98
Figura 13	— Código desenvolvido pelas alunas para movimentar o carrinho.....	99
Figura 14	— Circuito e <i>sketch</i> sendo reproduzidos.....	100
Figura 15	— Criação de Circuito e <i>sketch</i> com detalhe para o erro.....	101
Figura 16	— Quadro teórico para a efetivação da prática da RE como ferramenta de ensino	102
Figura 17	— Cabeçalho do <i>sketch</i> produzido pelas alunas.....	105
Figura 18	— Nuvem de palavras formadas a partir da leitura flutuante.....	116
Figura 19	— Quadrado construído no <i>Open Roberta</i> pelas alunas EP06 e EP10.....	133
Figura 20	— Uso da função Repetir.....	133
Figura 21	— Atividade de movimentação de um robô realizado em duplas pelos alunos do curso no Piauí.....	135
Figura 22	— Código para movimentação de um robô utilizando o teclado do computador com alunos do Ceará.....	136
Figura 23	— Esquema da atividade realizada pelos alunos.....	142
Figura 24	— Alunos trabalhando na construção de um circuito para montar um semáforo.	143
Figura 25	— Introdução do <i>led</i> RGB.....	143

Figura 26 — Montagem em grupo do circuito do Arduino.....	144
Figura 27 — Circuito do sensor LDR com acionamento de <i>leds</i>	145
Figura 28 — Algoritmo para execução do programa responsável por acionar leds a partir da leitura de luz.....	147
Figura 29 — Construção do <i>sketch</i> do sensor LDR.....	148
Figura 30 — Sequência de passos para a construção do sensor ultrassônico e posterior integração com outros componentes.....	149
Figura 31 — Explicação matemática do sketch do sensor ultrassônico.....	150
Figura 32 — Régua digital utilizando o sensor ultrassônico.....	151
Figura 33 — Esquema das fases para construção da guia.....	152
Figura 34 — Etapas da construção da guia para pessoas com deficiência visual.....	154
Figura 35 — Protótipo idealizado x Protótipo funcionando em ambiente real.....	155
Figura 36 — Solução para o protótipo.....	156
Figura 37 — Ideação e protótipo pronto.....	158
Figura 38 — Parte interna do protótipo.....	158
Figura 39 — Resposta coletada dos alunos que participaram da pesquisa.....	159
Figura 40 — Sequência de atividades para criação do Sistema de irrigação inteligente.....	160
Figura 41 — Proposta de circuito, circuito montado e protótipo.....	162
Figura 42 — Processo de construção do SDS.....	164
Figura 43 — Circuito do sensor de umidade e temperatura e gráfico gerado com o Arduino Leonardo.....	165
Figura 44 — Protótipo para medir a intensidade da radiação UV e momento da medição	166
Figura 45 — Gráfico construído a partir das medições.....	167
Figura 46 — Momento da apresentação dos protótipos e dos dados coletados e participação da aluna do curso abordando os riscos da radiação UV.....	167
Figura 47 — Processo de construção de um semáforo a partir do Pensamento Computacional.....	171
Figura 48 — Protótipo de um conjunto de semáforos sendo testado.....	173
Figura 49 — Algoritmo sugerido pelo professor pesquisador.....	174
Figura 50 — Algoritmo desenhado pelas alunas EP01, EP02 e EP11 para funcionamento do sistema de semáforos.....	174

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	— Tipo de tecnologias de acordo com a sua função na escola.....	33
Quadro 2	— Alguns componentes e módulos da plataforma Arduino.....	65
Quadro 3	— Cronograma de Atividades do Curso de Robótica e IA do módulo I.....	72
Quadro 4	— Cronograma de Atividades do Curso de Robótica e IA do módulo II.....	73
Quadro 5	— Etapas da pesquisa.....	74
Quadro 6	— Quantitativo de alunos participaram do curso por etapa.....	75
Quadro 7	— Dispositivos utilizados na pesquisa.....	77
Quadro 8	— Categorias de respostas dos estudantes quanto a importância da Matemática na sociedade.....	89
Quadro 9	— Síntese mostrando as resoluções para os problemas comuns.....	91
Quadro 10	— Resposta dos alunos ao formulário inicial.....	91
Quadro 11	— Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco I....	109
Quadro 12	— Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco II....	111
Quadro 13	— Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco III....	113
Quadro 14	— Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco IV....	114
Quadro 15	— Unidades de Registro dos documentos analisados.....	116
Quadro 16	— Categorias de análises	121
Quadro 17	— Unidades de registro, categorias intermediárias e categorias finais.....	123
Quadro 18	— Unidade de registros do questionário aplicado.....	137
Quadro 19	— Categorias criadas <i>a posteriori</i>	138
Quadro 20	— <i>Sketch</i> para acionamento de <i>leds</i> em função das leituras de um sensor LDR	145

LISTA DE SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PC	Pensamento Computacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RE	Robótica Educacional

LISTA DE SÍMBOLOS

® Marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 ENSINO DA MATEMÁTICA: DOS PROBLEMAS À ROBÓTICA EDUCACIONAL COM ARDUINO	28
2.1 O rompimento de paradigmas no ensino (da Matemática) com as novas tecnologias	29
2.2 Construcionismo: Computadores, Matemática e os dias de hoje	34
2.3 Robótica Educacional com Arduino: ambiente para desenvolvimento de aprendizagens Matemáticas	50
3 CAMINHOS DA PESQUISA	70
3.1 Pressupostos da pesquisa	70
3.2 Cronograma e Etapas da Pesquisa	71
3.2.1 Artefatos tecnológicos utilizados	77
3.3 Local e sujeitos da pesquisa	79
3.4 Instrumentos de coleta de dados	81
3.4.1 Diário de bordo ou campo	81
3.4.2 Fotografia e vídeos	82
3.4.3 Produções dos alunos	82
3.4.4 Questionários	82
3.4.5 Entrevistas	83
3.5 Instrumentos de análise	83
4 RESULTADOS	87
4.1 O curso de robótica e IA: percepções iniciais	87
4.1.1 Questionário inicial	88
4.1.2 Microfases dos primeiros momentos da aplicação do curso de robótica	93
4.1.3 Robótica Educacional: ambiente de desenvolvimento de aprendizagens	103
4.2 A emersão dos conceitos matemáticos: um percurso dos primeiros protótipos físicos aos simuladores	106
4.2.1 Da Matemática presente	106
4.2.2 Utilização de simuladores em um espectro matemático	132
4.3 Construção de protótipos: atividades possíveis	139
4.3.1 Protótipos construídos: apresentação e reflexões	139
4.3.2 Semáforo	140
4.3.3 Sensor de luz e sensor de distância	145
4.3.4 Guia inteligente para deficientes visuais	152

4.3.5 Sistema de irrigação inteligente (SII)	157
4.3.6 Abajur	161
4.3.7 Sensor de Distanciamento Social (SDS)	164
4.3.8 Sensor de temperatura e umidade DHT11	165
4.3.9 Sensor de Raios UV e a estatística	166
4.4 Engajamento dos estudantes em atividades de RE no âmbito do pensamento computacional	168
4.4.1 O Pensamento Computacional nos ambientes de aprendizagem da RE	169
4.4.2 O engajamento de estudantes a partir de atividades relacionadas ao PC	177
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	185
REFERÊNCIAS	195
APÊNDICE A – PLANEJAMENTO SIMPLIFICADO DO PROJETO REAR	212
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO INICIAL PARA OS ALUNOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO	215
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL PARA OS ALUNOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO	217
APÊNDICE D – DIÁRIO DE BORDO	219
APÊNDICE E – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA FINAL	221
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	223
ANEXO B – TERMO DE ASSENTIMETNO LIVRE ESCLARECIDO	227
ANEXO C – TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA	230
ANEXO E – PROJETO DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELAÇANDO COMUNIDADES	233
ANEXO F – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ENTREGA DE CERTIFIFICADOS	235

1 INTRODUÇÃO

“A principal meta da Educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe” (PIAGET, 1982, p. 246).

Esta dissertação apresenta uma pesquisa desenvolvida no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECM) do Instituto Federal do Ceará (IFCE), *campus* Fortaleza, que teve como cenários de investigação duas escolas públicas de Ensino Médio localizadas nos estados do Ceará e Piauí, com ênfase na segunda. A motivação para este trabalho construiu-se a partir de memórias e vivências com tecnologias, essencialmente o computador, no qual tive¹ o primeiro contato em 2003, no Distrito Federal, quando não tinha fontes de pesquisa para produzir um texto sobre a revolução estadunidense. Devido à necessidade, meu pai conseguiu junto a seu patrão que cedesse um tempo no computador para realizar a pesquisa. Não operei o computador, mas via como era rápido e quanta informação se conseguia com alguns cliques, uma cena que ficou na minha cabeça por muito tempo. No mesmo ano, fui incentivado pela minha professora do programa Aceleração, do Instituto Ayrton Senna, a fazer economias – já que trabalhava com a limpeza de terrenos – e comprar um computador, a imagem ainda era aquele monitor de tubo branco com gabinete, teclado e mouse de bolinha.

Depois de cinco anos consegui pagar um curso de informática, apesar de ter tido contato com computador no antigo trabalho – fiz todo o curso de HJ Datilografia –, já no Piauí, e comprei meu primeiro computador, um notebook com processador *Intel Pentium* e memória de 512 Mb, durando menos de cinco meses, quando ele queimou a placa. No ano de 2009 me inscrevi no módulo II do curso de informática, já dominava digitação, *Windows XP®* e os programas básicos do *Microsoft Office®* 2003 e 2007, agora entraria na parte de *designer*, *CorelDraw®*, *Photoshop®* e *Microsoft Office Access®*. Com um bom desempenho ganhei uma bolsa e um estágio, que me permitiram ministrar aulas para turmas do módulo básico aos domingos.

Além da ministração de aulas, participava das manutenções de computadores em todas

¹ Nesta seção introdutória, optou-se por utilizar a primeira pessoa do singular, tendo em vista ser mais adequada para apresentar a trajetória pessoal que culminou neste estudo. Nas demais seções do trabalho, será dada preferência ao discurso em terceira pessoa do singular.

as escolas que a empresa possuía, foi uma oportunidade para aprender, na prática, montagem e manutenção de computadores, que foi aperfeiçoado com o curso Aluno Monitor e Aluno Integrado realizado pela Universidade Federal do Goiás (UFG), que me permitiu ser monitor de laboratório da escola que estudava.

Com o encerramento das atividades da escola de informática em 2010, me reuni com um amigo e abrimos uma empresa que vendia cursos de computação, ofertava acesso à internet (antigas *lan houses*) e era gráfica rápida. Compramos parte dos equipamentos da empresa que saiu e os demais foram obtidos no depósito da prefeitura, depois de longos dias reaproveitamos 5 máquinas. A sociedade durou até o ano de 2012, formamos mais de 100 alunos. A experiência, tanto do estágio como da sociedade, possibilitou contato direto com as tecnologias e reflexões constantes sobre as suas potencialidades, tínhamos o desejo de capacitar toda comunidade, que infelizmente não foi possível.

O fim do empreendimento se deu pela falta de tempo para cuidar dos negócios, ambos tinham passado no vestibular. Entrei no curso de Matemática, na modalidade Educação a Distância, e a experiência com computadores foi vital para a realização das disciplinas. Em 2013 surgiu a oportunidade de realizar o curso Técnico em Informática para a Web, pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), com foco no desenvolvimento de sites, chegando a construir 03 sites utilizando *HTML*, *CSS* e *Java*. O aprofundamento nas tecnologias contrastava agora com as lembranças dos meus antigos professores e os questionamentos, do porquê não utilizavam tecnologias, ganhavam tom e forma.

Quando iniciei as atividades docentes no Ensino Médio, em 2014, queria sempre estar usando o Datashow, referência de tecnologia, mas me limitava a apresentação de vídeos ou algum *software* educacional, mais numa tentativa de digitalizar o antigo, já que isso parecia inovação. Mas o uso do celular, visto já como tecnologia moderna, na sala de aula era estritamente proibido. Na primeira aula de cada turno o professor era responsável por recolher todos os celulares em uma caixa de sapatos decorada, era de comum acordo que o aparelho comprometeria a atenção dos alunos durante as explicações.

Era uma situação incômoda, alguns professores até conseguiam que todos os alunos deixassem os celulares retidos em sua mesa. Na verdade, era um inimigo, não sabíamos como contornar e utilizá-lo para que houvesse progressão nas aprendizagens, a alternativa era essa. Escolas que eram destaques nas avaliações do SAEB e olimpíada brasileira de matemática (OBMEP) aplicavam a estratégia, então por quê não reproduzir. Depois de transtornos constantes, a utilização do celular era proibida, mas os alunos podiam ficar, desde que no modo silencioso. Nas aulas de Matemática, o único proveito era a calculadora. Era predominante a

concentração das ditas tecnologias modernas com os professores como Datashow e conteúdos em multimídia, mas os celulares eram inúteis.

Algumas percepções se construíam, como o desinteresse dos alunos por vídeos, principalmente longos, ou até mesmo a construção de um gráfico utilizando o Geogebra, a insistência de alguns em querer estar perto dos aparatos e tentar, em saltos longínquos, tocar no teclado do computador, mexer no mouse, passar a mão na frente da lente do Datashow, era um atenuado incômodo que demonstravam e mesmo toda aquela tecnologia era - já - insuficiente para prender a atenção. Buscava, justamente o contrário do que Papert defendia, isto é, a tecnologia na escola não como uma aperfeiçoadora da instrução tradicional, mas como um aglomerado de ferramentas emancipadoras que dispõe para as crianças os materiais de construção mais poderosos (BLIKSTEIN, 2016).

Com isso, começava a desistir de levar esses equipamentos e deixava sobressair as aulas expositivas, e agora dialogadas, um termo que vi uma professora escrevendo e incorporei, dava uma melhor impressão ao planejamento entregue à secretaria da escola. Blikstein (2016) explica essa situação, ao descrever que esse uso tradicional por parte da escola é passivo em relação aos alunos, torna os computadores como equipamentos que somente especialistas podem tocar e compreender.

Algumas das impressões começaram a ser desconstruídas a partir de uma especialização iniciada em 2017, pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), quando o contato com textos teóricos e novas práticas começaram a apontar novos caminhos. O primeiro era que as aulas expositivas dialogadas precisavam de complementos e que os alunos deveriam participar ativamente da aula, em um movimento de protagonismo diante a construção do seu conhecimento.

O trabalho de conclusão do curso consistiu na "realização de uma pesquisa de campo para trabalhar na prática conceitos estatísticos, na qual, após a fase de coleta, os alunos deveriam expor os dados em forma de seminário para todos os discentes da escola e ao final realizaram uma avaliação quantitativa" (SANTOS; ARAUJO JUNIOR; TRINDADE, 2018, p. 31). Percebi que os alunos se engajaram com a proposta e viram com entusiasmo a possibilidade de sair da escola, colher dados reais, organizar, tabular e expor as informações.

Durante as atividades, os alunos deveriam construir gráficos a partir dos dados coletados e algo que chamou a atenção foi quando interrogaram se poderiam usar o computador para desenhar os gráficos – logicamente minha resposta foi sim. E a facilidade com que os grupos de alunos utilizavam o computador e sem instrução do professor construíram os gráficos, levantou questionamentos, principalmente relacionados ao seu potencial para abordar conceitos

matemáticos, agora, ao invés de levar e controlar todo o processo, os alunos estariam à frente. Infelizmente, o laboratório da escola não tinha mais máquinas funcionando e apenas um grupo reduzido de alunos, em uma eventual atividade, poderiam trazer o computador para realizar as tarefas.

Outro ponto levantado, durante as atividades, foi a ideia de criticidade identificada, que ensinando somente as fórmulas da estatística não são alcançadas, nisto "o professor estará desfazendo-se somente da técnica, mais que ensinar a calcular a média, ou construir um gráfico com dados fictícios, o estudante estará produzindo informações precisas através da sua realidade, possibilitando outra visão, agora mais crítica e investigativa" (SANTOS; ARAUJO JUNIOR; TRINDADE, 2018, p. 44).

O desejo de realizar as atividades com os alunos se deu a partir de leituras de Pedro Demo. Iniciei reflexões sobre a importância de os alunos colocarem a mão na massa para aprender a Matemática da vida real, sendo protagonistas capazes de transformar sua realidade (SANTOS; ARAUJO JUNIOR; TRINDADE, 2018). Agora, novas ideias surgiram e o desejo incessante por colocar os alunos para sair da escola, observar o mundo ao redor e identificar a Matemática visível, fluíam constantemente.

Aulas de campo dominaram o cenário em uma parceria com o professor de Geografia, rendendo visitas técnicas e muitas discussões com os alunos, refletindo diretamente em um número maior de aprovação no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Mais uma vez a proposta apresentou lacunas, principalmente pelo uso das mesmas tecnologias disponíveis e a ausência de protagonismo maior, cerceada pela pandemia da COVID-19, a proposta agora teria que passar por uma remodelação, ao passo que desejava que os alunos tivessem contato com outras tecnologia e que pudessem construir com a própria mão.

Em uma outra vertente, vinculado à Secretaria Municipal de Educação de Murici dos Portelas, durante períodos de formação, era convidado para apresentar recursos que pudessem ser utilizados na sala de aula, com foco no ensino da Matemática. Aplicativos e ambientes virtuais eram expostos por meio de oficinas, subtraindo os objetos concretos – que aprendi na faculdade – e trazia ao foco o digital, alinhado aos pressupostos introduzidos pela BNCC. A partir dessas ações, a Secretaria Municipal de Educação, durante eventos na capital, recebeu um kit de robótica (placa de Arduino com alguns leds e sensores) com o intuito de incentivar ou aguçar a curiosidade para a Robótica Educacional - já havia lido sobre ela, mas nunca tive interesse - e, por ser essa referência para tecnologias no ambiente de trabalho, foi me repassado o kit, que vinha com alguns sensores, *leds*, uma *protoboard*, fios com *jumpers* e a placa de circuitos.

Inicialmente pareceu mais um brinquedo tecnológico, consegui, com as peças, construir alguns projetos, como sensor de luz, presença e a cada avanço sentia o desejo de continuar, adquirir novos sensores e veio a ideia: seria interessante ensinar isso para as crianças? Afinal de contas, isso é um computador programável! Pesquisei algumas propostas e encontrei diversos materiais voltados para o ensino da Matemática e Física. Mas como inserir a plaquinha nas aulas? Quais as abordagens corretas? Em qual conteúdo seria aplicado? Tais questionamentos emergiram naturalmente e precisavam de respostas, mais ainda com a utilização intensa ou a necessidade de uso durante a pandemia, que fez perceber a relevância das tecnologias.

Todos esses apontamentos incitaram a reflexão sobre o como a Matemática é abordada nas escolas, de qual forma o ensino acontece e quais os problemas sinusais. Neste ponto, é possível afirmar que o ensino da Matemática coexiste com diversos desafios ao longo dos anos. D'Ambrósio (2012) argumenta que o fazer matemático era como um ato de gênio, exclusivo, como Newton, era visto como detentores de um dom divino. Freire, D'Ambrósio e Mendonça (1997), indo na mesma direção, imprimem que quando o assunto era Matemática, inevitavelmente estavam falando sobre os deuses. Com o advento das tecnologias e sua imersão nos diversos contextos escolares, novos desafios surgiram, principalmente aqueles voltados para o uso destes artefatos a favor da Educação.

Neste conglomerado de contextos e discursos, as avaliações aplicadas na Educação Básica têm mostrado que o Brasil enfrenta enormes desafios para democratizar o ensino da Matemática. O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), na avaliação realizada em 2018, revelou que 68,1% dos alunos brasileiros não atingiram o nível básico² em Matemática, disposto pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), como o mínimo necessário para que possam exercer plenamente sua cidadania (BRASIL, 2019). Já 41% dos estudantes não conseguem solucionar questões simples e rotineiras, sendo que apenas 0,1% alcançaram o máximo de proficiência adequado em Matemática, tais dados, colocam o Brasil em último na América Latina, empatado tecnicamente com a Argentina.

Observando uma linha histórica dos resultados da avaliação do PISA, percebe-se uma estagnação na proficiência em Matemática a partir de 2009, com tendência de queda. A tradução

² No básico, os estudantes são capazes de interpretar e reconhecer situações em contextos que não exigem mais do que inferências diretas. Conseguem extrair informações relevantes de uma única fonte e utilizar um único modo de representação. Conseguem empregar algoritmos, fórmulas, procedimentos ou convenções básicos para resolver problemas que envolvem números inteiros. São capazes de fazer interpretações literais de resultados (BRASIL, 2019).

literal é que os estudantes não estão aprendendo Matemática e os processos precisam de revisão.

Voltando-se para os resultados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), que permite calcular o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), o Brasil também apresenta resultados ruins quanto à proficiência em Matemática, tendo decréscimo ao longo do percurso da Educação Básica (BRASIL, 2021). No ano de 2019 a avaliação do SAEB mostrou uma proficiência em Matemática de 47% para os estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental, reduzindo para 18% no 9º ano e decaindo para 7% no 3º ano do Ensino Médio, o que significa dizer que para cada 100 alunos que saem da Educação Básica, apenas 7 tem domínio essencial da Matemática.

O percurso compreendido aponta uma estrutura que rumo ao fracasso, concebendo o ensino da Matemática como tradicional. Partindo do exposto, torna-se necessário transformar as formas de ensinar e aprender, permitindo ao aluno novas experiências que o aproximem da sua realidade, ao passo que transcenda para o mundo contemporâneo, permeado pelas tecnologias. Todavia, pontua-se, de acordo com Papert (2001), que as tecnologias são um instrumento, não associado diretamente com uma boa Educação, mas a sua ausência acarreta uma má Educação, visto que “a presença inegável da tecnologia na sociedade contemporânea constitui a primeira base para que haja necessidade de sua presença na escola” (SOFFA; SANTOS; BEHRENS, 2008, p. 4256).

Essas novas práticas precisam superar o simples uso de tecnologias para ensinar coisas antigas, versões disfarçadas da mesma maneira antiga (PAPERT; SOLOMON, 1972). Assim, Seymour Papert elaborou um modelo que permitiu o emprego da tecnologia na Educação, denominado de Construcionismo. Sendo uma teoria da aprendizagem, baseia-se no construtivismo de Piaget, afirmando que o conhecimento é construído ativamente pela mente do aluno e não sendo simplesmente transmitido pelo professor (KAFAI; RESNICK, 1996). Os autores ainda afirmam que o Construcionismo sugere que as crianças são propensas a criar novas ideias quando estão fazendo algum tipo de artefato externo.

Seymour Papert também fincou as bases do Pensamento Computacional (PC), definido por Wing (2006) como metodologia para resolver problemas, sendo uma maneira distinta de pensamentos com pressupostos da Ciência da Computação para solucionar problemas, criar sistemas e compreender o comportamento humano.

O PC ganhou maior notoriedade no cenário educacional brasileiro, a partir da elaboração da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sendo apontado por Raabe e Brackmman (2020, p. 8) como um dos constituintes necessários para “compreender como funcionam e como se criam tecnologias computacionais, além do desenvolvimento de competências necessárias para

resolução de problemas”.

A BNCC constitui um movimento para atualização dos currículos da Educação Básica, sendo um documento balizador e normativo, objetiva estabelecer as competências mínimas para que os jovens completem a Educação Básica preparados para agir numa sociedade dinâmica (BRASIL, 2018). O novo marco curricular, diferente dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), busca inserir as tecnologias na sala de aula, não limitando os alunos ao simples ato de usá-las, mas também criá-las e refletir sobre elas, de forma ética.

Raabe e Brackmman (2020) acrescentam que a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) propõe referenciais complementares à BNCC, destacando conhecimentos de Ciências da Computação organizados em Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital.

Destarte, os currículos alinhados à BNCC enfatizarão o exercício da curiosidade intelectual, formulando, resolvendo e criando soluções tecnológicas, o uso de linguagens digitais e Matemáticas para se expressar e partilhar informações, experiências, a compreensão, a utilização e criação de tecnologias digitais de forma crítica, significativa, reflexiva e ética, o acesso e disseminação de informações, produzindo conhecimentos, exercendo o protagonismo e a autoria na vida pessoal e coletiva, são elementos constituintes que direcionarão a Educação Brasileira (BRASIL, 2018).

A proposta elencada concatena com Conforto (2018), inserindo que as tecnologias podem ser aproveitadas por meio de processos que requerem a criação e a produção de novas tecnologias ao invés de encontrarem prontas, utilizando muitos subsídios como ambientes de programação e placas eletrônicas de prototipagem (SALES *et al*, 2017). A BNCC traz em seu bojo uma forte inter-relação entre as tecnologias e a Matemática, identificada por Piaget como sendo uma interface entre o espírito humano e o mundo e, aprendê-la diz respeito à aquisição de ferramentas cognitivas para atuar sobre a realidade (RUIZ, 2002).

Considerando os elementos constituintes da BNCC, dentre eles as competências, que são a capacidade de mobilizar habilidades e conhecimentos para resolver problemas, situa-se a competência específica 5 da área de conhecimento Matemática, que discorre sobre o desenvolvimento dos processos cognitivos de cognição e as práticas argumentativas nos ambientes informatizados (BRASIL, 2018). Do exposto, percebe-se a relevância, descrita em outras partes do documento, das tecnologias na sala de aula. Por esta baliza, indica que a utilização de tecnologias, como o computador, nos últimos anos, favoreceu o desenvolvimento e as experimentações Matemáticas, ampliando as formas de resolução de problemas e produção colaborativa (LIRA; LEITÃO; CASTRO, 2019).

Conceitos como cultura digital, tecnologias digitais e Pensamento Computacional são

trazidas ao foco, requerendo a suplantação do ensino baseado no instrumento e tecnicismo e uma didática reprodutiva por meio da aula expositiva de repasse de informação (NASCIMENTO, 2013).

A superação, deferida acima, requer um reposicionamento dos agentes envolvidos no processo, onde os alunos não aprendem imóveis, sendo coadjuvantes do processo. Assume-se que o aluno deve ser o protagonista na construção do seu conhecimento, acontecendo de dentro para fora, através da relação com os ambientes naturais de interação social (CURY; HIRSCHMANN, 2014), tais ideias consubstanciadas com a BNCC.

Partindo dos pressupostos já dispostos, a introdução das tecnologias conduz a experiências significativas, assim, na Matemática os estudantes podem utilizar as tecnologias digitais para fazer representações em gráficos, processar e transformar dados, aprender conceitos e aprofundar conteúdos, precisando compreender e apropriar-se a partir do acesso (SALES *et al.*, 2017), podendo utilizar-se também de atividades desplugadas para trabalhar o Pensamento Computacional. As atividades desplugadas constituem práticas que não envolvem tecnologias digitais, como, por exemplo, o computador, mas possibilitam desenvolver diversos conceitos matemáticos.

Assim sendo, a maior parte do tempo do professor na sala de aula deve ser usufruído para atividades tipicamente reconstrutivas, nas quais, sob sua orientação, os alunos construirão autonomia, manejando os métodos científicos e passam a lidar com conteúdo com criatividade (DEMO, 2001). Na discussão e materialização de um novo escopo para a Educação aqui elencado, insere as práticas pedagógicas que desvelam a associação entre programação, eletrônica e as Ciências Exatas, constituindo a Robótica Educacional (RE).

A RE, ou Robótica Pedagógica (RP), interliga conceitos e práticas de outras áreas associando com a Educação. D'Abreu e Bastos (2015) a definem como área do conhecimento que aborda conceitos provindos da Engenharia e outras Ciências, no processo de ideação, construção, automação e controle de artefatos robóticos com finalidades educacionais. *Ibidem* indicam que a RE ultrapassa a ideia de simplesmente construir e controlar um dispositivo robótico por meio do computador. Moreira *et al* (2015, p. 3) complementam que é evidente “o potencial da robótica como ferramenta interdisciplinar, visto que a construção de um novo mecanismo, ou a solução de um novo problema, frequentemente, extrapola a sala de aula”.

Com alguns conhecimentos sobre o kit de robótica, é possível perceber a sua relevância no contexto escolar tomando as novas propostas curriculares que incidem sobre a escola. Desta forma, plataformas como, por exemplo, o Arduino, operam a favor dos processos escolares, garantindo acessibilidade, principalmente por está qualificado como robótica de baixo custo,

facilitando a sua inserção na escola pública (SOUZA; SANTOS; CASTRO, 2021). Devido a essa facilidade, o Arduino, que é um microcontrolador, permite criar projetos variados e independentes, podendo ser reproduzido e alterado sem problemas de patentes (VIEGAS, 2016), torna-se uma alternativa substancial, atendendo os pressupostos contidos na BNCC e complementos, como o de Computação, para se efetivar uma Educação contemporânea.

Neste trajeto, a aplicação para a plataforma de prototipagem Arduino no ensino de Matemática contorna-se com um instrumento apropriado para a sala de aula, na qual podem verificar os “resultados de seus trabalhos fisicamente: LEDs acendendo e apagando de acordo com os comandos enviados, e não só por meio da tela de um computador, tablet ou smartphone” (ANACLETO, 2018, p. 19).

McRoberts (2011) completa que a grande vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade no uso, mesmo que as pessoas não sejam da área técnica aprenderá facilmente o básico e a criar projetos próprios em um curto intervalo de tempo.

O desafio do trabalho com o Arduino é de grande impacto na rotina das aulas de Matemática, no entanto, as melhorias agregam novos significados. Viegas (2016), ao abordar em seu trabalho o Arduino como ferramenta para apoio na solução de problemas matemáticos, cita Cabral (2010, p. 33):

Desenvolver a capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema; Desenvolver habilidades e competências ligadas à lógica, noção espacial, pensamento matemático, trabalho em grupo, organização e planejamento de projetos envolvendo robôs; promover a interdisciplinaridade, favorecendo a integração de conceitos de diversas áreas, tais como: linguagem, Matemática, física, ciências, história, geografia, artes, etc.

As representações dispostas até aqui possibilitam a criação de novos moldes educacionais que visam a associação entre os conteúdos matemáticos e os problemas do cotidiano introduzindo as tecnologias dentro do espectro matemático, além de afirmar o caráter de desenvolvimento de competências impostas na BNCC. Atualmente existem uma gama de pesquisas (D’ABREU, 1999; BARBOSA, 2011; 2015; CURY; HIRSHMANN, 2014; CAMPOS, 2017; ANACLETO, 2018; GALVÃO, 2018; SANTOS, 2018; SANTOS; SOUZA; CASTRO, 2022) que abordam a Robótica Educacional utilizando o Arduino, além de outros kits, na Educação Básica, intrínseca ao ensino da Matemática e Física.

Muitos países já inseriram a computação nos currículos escolares, daí utilizam diversos recursos para efetivar as ações, como os microcontroladores. Apesar dos inúmeros movimentos

existentes para que a computação chegue a sala de aula, a exemplo a Olimpíada Brasileira de Robótica e a Olimpíada Brasileira de Informática, alguns questionamentos precisam de esclarecimento, assim têm-se como questões de pesquisa:

- a) quais os conhecimentos matemáticos mobilizados quando se usa Arduino enquanto recurso didático-pedagógico no ensino da Matemática?
- b) quais as dificuldades e possibilidades na utilização do Arduino no ensino da Matemática?
- c) como a tecnologia e a Matemática podem estimular os alunos na formulação e resolução de problemas no âmbito do Pensamento Computacional?

A pesquisa foi motivada pela necessidade de incorporar a robótica educacional ao ensino da Matemática seguindo pressupostos da BNCC. Diante disto, o uso do Arduino, enquanto uma proposta não desplugada, fácil de utilizar e de baixo custo, mostrou-se interessante para desenvolver as competências gerais e específicas exigidas ao final da Educação Básica, principalmente aquelas voltadas para o Pensamento Computacional.

O objetivo geral é investigar as possibilidades didáticas do uso da plataforma Arduino no ensino da Matemática na 1ª série do Ensino Médio a partir de problemas reais identificados pelos estudantes. Como objetivos específicos têm-se:

- a) Identificar os conhecimentos matemáticos mobilizados utilizando o Arduino;
- b) Mapear as possibilidades de desenvolvimento de atividades matemáticas a partir de problemas reais, vinculados a realidade dos alunos, envolvendo a robótica educacional através da plataforma de prototipação Arduino;
- c) Analisar como a proposta promoveu o engajamento dos alunos na identificação, formulação e resolução de problemas no âmbito do Pensamento Computacional.

Partindo que o substrato dos currículos, alinhados à BNCC, engloba o trabalho articulado de competências, habilidades, áreas e componentes curriculares, preparando os estudantes para atuarem de maneira produtiva, urge assumir que é necessário superar a ideia de disciplina ou matéria isolada. O professor precisa, dentro da sua metodologia de trabalho, proporcionar aos alunos experiências significativas de aprendizagem a partir de diversos pensamentos, entre eles os computacionais. Neste viés, a escola deve abordar as tecnologias numa perspectiva colaborativa e promotora do protagonismo juvenil, abrindo espaço para a criação de artefatos físicos ou digitais que estejam no escopo das áreas de ensino e possam contribuir para o desenvolvimento de competências.

Do exposto, é compreendido que o Arduino é uma ferramenta interessante e sua aplicabilidade no Ensino da Matemática pode contribuir para que estreitos matemáticos sejam

abordados e os alunos vislumbrem um ambiente de aprendizagem que está intrínseco a todas as áreas. Por conseguinte, é importante que os conceitos ou conhecimentos matemáticos mobilizados em atividades com Arduino sejam reconhecidos ao passo que o artefato possibilite aos alunos uma vinculação com sua realidade quando buscam a solução de problemas locais. Noutro ponto, destaca-se um dos componentes relevantes no currículo, fruto de amplo debate, principalmente pela Sociedade Brasileira da Computação, o Pensamento Computacional. É notório que a proposta erguida sobre o Arduino permite a criação e integração de diversos pensamentos, e o computacional ganha destaque, uma vez que é uma maneira de resolver problemas, podendo ser aplicado a qualquer área e que insere o jovem em uma atmosfera de engajamentos, haverá um interesse maior em solucionar o problema significado.

Para tanto, esta dissertação está estruturada em cinco seções, a contar da primeira. Na segunda seção discute-se o ensino da Matemática dentro de uma conjuntura que carrega consigo problemas historicamente construídos, pautando o aluno que sabe matemática como alguém privilegiado. Como solução, desenrolada ao longo do tempo, é apresentado os estudos de Seymour Papert e sua visão sobre o computador na Educação através da linguagem *Logo*. O autor é o precursor da RE e fincou bases para o PC. Neste ponto é explicitada a robótica enquanto ambiente de aprendizagem voltado para o ensino da Matemática e a utilização do Arduino como opção de baixo custo para as escolas.

Na terceira seção é descrita a metodologia do trabalho, apresentando a abordagem, os sujeitos e o local de pesquisa, os materiais que serão utilizados, os instrumentos de coleta de dados, sendo as notas de campo, entrevistas, questionários, filmagens e fotografias. No âmbito dos instrumentos de análises, optou-se em utilizar a Análise de Conteúdo (AC).

Os resultados são discutidos na quarta seção, percorrendo sobre a Matemática emergente nas atividade que envolveu a solução de problemas locais através da prototipação em Arduino, trazendo ao cerne da questão as microfases. Por meio da AC são constituídas as duas categorias de análise principais, Conhecimentos Matemáticos Acessados e Conhecimentos Matemáticos Aprendidos. Para além, são apresentados os principais protótipos construídos considerando a essência matemática em atividades propostas. Também é discutido sobre o PC é trazido ao foco relacionado com o engajamento dos estudantes em resolver os problemas.

Por fim, as considerações finais, onde é organizado uma síntese dos resultados tomando com ponto de partida as respostas aos objetivos. É discutido e apresentado as limitações e possibilidades futuras para o trabalho.

2 ENSINO DA MATEMÁTICA: DOS PROBLEMAS À ROBÓTICA EDUCACIONAL COM ARDUINO

“Há escolas que são gaiolas. Há escolas que são asas. Escolas que são gaiolas existem para que os pássaros desaprendam a arte do voo. Escolas que são asas não amam pássaros engaiolados. Existem para dar aos pássaros coragem para voar” (ALVES, 2001, s/p).

Nesta seção, discutir-se-á a relevância da RE no ensino da Matemática, respeitando os marcos legais que direcionam a Educação brasileira, trazendo ao cerne da questão a plataforma de prototipagem Arduino. O percurso compreendido inicia a partir de uma reflexão sobre o uso das tecnologias e o Ensino da Matemática em um movimento de quebra de paradigmas, partindo da ideia que as novas tecnologias imprimem inovadores moldes para a sala de aula.

Dentre as tecnologias educacionais, é destacado o uso do computador, tecendo uma história desde os primeiros artefatos computacionais até alcançar o ensino em Seymour Papert, em meados da década de 1960. A visão de Papert sobre os computadores na Educação é evidenciada, principalmente, pela teoria Construcionista e os pontos basilares para o Pensamento Computacional.

A visão papertiana inocula nas escolas, mesmo ainda não definida, a RE, protagonizada pela linguagem *Logo* e a tartaruga. Com o avanço dos sistemas computacionais e a internet, novas perspectivas emergiram, ampliando o uso da RE, principalmente no estudo da Matemática e da Física. No Brasil, os estudos sobre o computador na Educação datam da década de 1970, mas ampliada com o advento da internet no País.

A robótica ganhou destaque a partir dos anos 2000, onde se tem o registro dos primeiros trabalhos aplicados na Educação. A homologação da BNCC trouxe um novo marco e prescreveu como o estudante deve terminar a Educação Básica, com competências voltadas para o uso de diversas linguagens, inclusive as digitais, produção de tecnologias sob uma ótica crítica, reflexiva e criativa. Agora o aluno deve estar no centro do processo, engajado, produtor e autor do seu conhecimento de forma individual e coletiva para atuar e transformar o mundo.

Esse conglomerado de apontamentos dos currículos, principalmente quando aborda as novas tecnologias, direciona para a prática da Robótica Educacional, seja utilizando kits privados ou livres, no entanto, devido às condições, sejam estruturais ou financeiras das escolas públicas brasileiras, considera-se a segunda opção, como a mais viável. Tal questão leva ao uso de artefatos *open source*, como o Arduino e sucatas.

Na Matemática, diversas pesquisas apontam que a prototipagem com Arduino tem contribuído para mobilizar conhecimentos, no entanto, é importante relatar que é necessário mais que uma mobilização, os alunos precisam também compreender o uso e a criação das tecnologias, devendo ser agentes de transformação social.

2.1 O rompimento de paradigmas no ensino (da Matemática) com as novas tecnologias

A imobilidade dos alunos em uma sala de aula, organizacionalmente cartesiana, pode refletir para alguns professores como sinônimo de aprendizagem, por estarem sentados com o corpo voltado para a frente e um olhar fixo, considerada a posição ideal, no entanto, por mais imóvel que estejam, podem estar vivendo um enorme conflito (SILVA, 1994). Por este caminho, assume-se que não se aprende escutando a aula, mas pela mão própria do aluno sendo orientado pelo professor (DEMO, 2001).

Concatenando com o já dito, e atentando para os resultados das avaliações em larga escala praticadas no Brasil, observa-se, ao longo da Educação Básica, a diminuição da proficiência, principalmente na Matemática, que, algumas vezes, carrega métodos mágicos, configurando, na verdade, um treinamento “para repetir o que é ensinado, levando o aluno a dominar uma quantidade de práticas e regras, cobradas em exames e testes” (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 166).

Nesta trilha, as práticas do professor de Matemática limitam-se à apresentação do conteúdo oralmente, a partir de definições, exemplos, propriedades, seguidos de atividades, pressupondo que o aluno aprenda pela reprodução (SILVEIRA-JÚNIOR; COELHO; SANTOS, 2017). Postula-se então, que aprender Matemática não está associado a uma predisposição natural, isto é, “a compreensão Matemática não é questão de aptidão da criança. É um erro supor que um fracasso em Matemática obedeça a uma falta de aptidão” (PIAGET, 1950, p. 79).

No corpo de relações entonadas durante a prática tradicional do ensino da Matemática destaca-se a “narração”, onde o educador, sendo sujeito, conduz os educandos a uma memorização mecânica do que foi narrado, transformando os alunos em recipientes, tornando-se melhores à medida que deixam serem enchidos (FREIRE, 1997), distanciando-os de situações reais e mais ainda, da visão crítica da sociedade e do ambiente que o instrumental matemático oferece (D’AMBRÓSIO, 2012). O autor ainda complementa que a Matemática é um instrumento poderoso de acesso social e crítica, desde que seja devidamente contextualizado.

As perspectivas emanadas convergem naturalmente para indicar que “toda verdade a ser adquirida seja reinventada pelo aluno, ou pelo menos reconstruída e não simplesmente

transmitida” (PIAGET, 1984, p. 15). Considerando que as relações sociais foram transformadas, inclusive no espaço educacional, tendo em vista que o acesso à informação possibilitou que surgissem mudanças na forma como as aprendizagens significativas se desenvolvem (LIRA; LEITÃO; CASTRO, 2019), novos contornos são preponderantes para a expansão, fazendo com que a escola protagonize transformações que incidam em todos os atores e instituições sociais.

O acesso às informações descritas pelas autoras, foi possível devido ao aperfeiçoamento e criação de tecnologias, definidas por Soffner (2013, p. 149) como "tudo que aumenta as capacidades humanas”, mudando a forma como aprendemos, pensamos e nos relacionamos. Valente (2016, p. 866), ao se referir às Tecnologias Digitais de Informação e comunicação (TDIC), descreve que elas têm

[...] provocado transformações importantes na organização econômica, social e cultural. Isso pode ser observado desde a maneira como interagimos socialmente, como acessamos a informação, como procedemos nas transações comerciais, e nas interações sociais. Diversos segmentos da sociedade já estão inseridos na cultura digital.

As mutações propostas e impostas contribuem para o desenvolvimento de um ambiente calcado na criatividade e inovação, onde todos podem colaborar para a construção de algo, seja artefato ou ideia, nisto “as tecnologias digitais possibilitam formas diversas e inovadoras de trabalhar, expressar e construir” (BLIKSTEIN, 2016, p. 837).

Na Educação é necessário levar em conta que a presença dessas tecnologias também pode gerar problemáticas associadas ao seu uso, algumas preocupações emergem, como o fato de as aulas continuarem seguindo o mesmo padrão após a inserção dos artefatos, assim "o primeiro uso da nova tecnologia é bastante natural para fazer de uma maneira um pouco diferente do que havia sido feito antes sem ela" (PAPERT, 1980, p. 36).

Torna-se importante imprimir que as novas tecnologias devem gerar mudanças significativas no ensino e na aprendizagem dos alunos, possibilitando novas experiências e uma auto construção dos processos cognitivos, superando o caráter instrucional. Portanto, o uso da tecnologia como colaboradora no processo de construção do conhecimento pode promover um ambiente peculiar no que diz respeito à criatividade no processo de aprendizagem (CAMPOS, 2008). Na mesma linha, Blikstein (2016) transcreve que ela cria um ambiente na qual os alunos concretizam suas ideias e projetos com motivação e empenho, na sua própria voz.

Como referência de tecnologia na Educação e no Ensino da Matemática, pode ser citado o uso do computador, que “nos últimos anos, tem favorecido o desenvolvimento e as

experimentações Matemáticas, potencializando formas de resolução de problemas e produção colaborativa” (CASTRO FILHO; FREIRE; CASTRO, 2017, p. 94). No entanto, vale salientar que não se pode definir o computador, ou as tecnologias, como única solução para os problemas educacionais, sendo necessário repensar a função do computador no ensino, principalmente para alunos mais pobres (DUTRA; FERREIRA; CLAUDIO, 2007).

Consubstanciando com o já mencionado, é importante cristalizar que há de existir um caráter inclusivo ao utilizar as tecnologias como mediadoras e o seu planejamento deve englobar as diversas relações do contexto escolar, envolvendo a família, os professores e as fontes de conhecimento. Portanto, será relevante que o aluno

[...] possa desenvolver, em sala de aula, vínculos que lhe possibilitem compreender e situar o seu universo particular com o do outro, para que possa agir na sociedade de forma adequada e em prol de todos e não apenas para seu próprio benefício. O trabalho com essas inovações pressupõe um árduo empenho em ampliar a reflexão sobre as propostas dos ambientes de aprendizagem estruturadas nas tecnologias digitais de informação e comunicação (CAMPOS, 2008, p. 14).

Nota-se então que existe um ecossistema de tecnologias disponíveis para escola e que podem potencializar o alcance das ações pedagógicas. As novas configurações proporcionadas pelo seu uso, como os computadores, *smartphones* e internet na sociedade, reclamaram novos moldes para os ambientes educacionais e a necessidade de rompimento de paradigmas, ao passo que novas e urgentes preocupações surgiram, uma vez que essas tecnologias “ainda não se fizeram sentir plenamente no ensino” (GADOTTI, 2000, p. 5). É importante considerar que a introdução das novas tecnologias reverbera novas rotas e oportunidades, não somente estar inquieto quanto ao uso, urge também compreender os processos de construção, nisto Vigneron e Oliveira (2005, p. 138) argumentam que:

É preciso utilizar as novas tecnologias como espaço de produção de conhecimento e não apenas formar consumidores de informação. É necessário alterar a ordem de uma escola de consumo de novas e de velhas tecnologias para uma escola de construtores de conhecimento, de sujeitos autônomos e criadores de significados.

Por este fio, assume-se que a escola, de acordo com Marinho (2002, p. 46), não é mais o monopólio do conhecimento, sendo necessário “pensar no computador como um agente essencial para trazer, para o espaço da aprendizagem, a informação e o conhecimento que agora estão disponíveis de forma imediata, na ponta dos dedos pausados sobre um teclado”.

No ensino da Matemática, diversas possibilidades vieram à tona, todavia, um longo processo histórico se desenrolou até o estado atual, sendo necessário, à medida que novas

ferramentas e mídias se tornam disponíveis, repensar os conteúdos matemáticos e outros domínios disponíveis das disciplinas (KAFAI; RESNICK, 2011).

No Brasil, novas experimentações estão sendo direcionadas, principalmente com a BNCC, que descreve as aprendizagens mínimas exigidas para a Educação Básica. Nesta reformulação de documentos balizadores para as instituições de ensino, além das novas nomenclaturas, é adicionado um olhar atento à cultura digital, reconhecendo que os espaços sociais, as relações e os jovens têm sido afetados, cabendo agora um novo posicionamento frente às novas tecnologias e necessidades de formação dos estudantes, assim

A cultura digital tem promovido mudanças sociais significativas nas sociedades contemporâneas. Em decorrência do avanço e da multiplicação das tecnologias de informação e comunicação e do crescente acesso a elas pela maior disponibilidade de computadores, telefones celulares, tablets e afins, os estudantes estão dinamicamente inseridos nessa cultura, não somente como consumidores. Os jovens têm se engajado cada vez mais como protagonistas da cultura digital, envolvendo-se diretamente em novas formas de interação multimidiática e multimodal e de atuação social em rede, que se realizam de modo cada vez mais ágil (BRASIL, 2018, p. 61).

Nessa perspectiva, a escola agora tem um papel de não apenas transmitir informações, mas promover uma atmosfera de reflexões e engajamentos para que os atores dos processos de ensino sejam capazes de não somente utilizar, mas criar e compreender criticamente novas tecnologias.

O debate sobre a utilização destes artefatos, digitais ou não, na Educação ganhou ainda mais vigor com a pandemia da Covid-19, que intensificou seu uso, impondo um Ensino Remoto Emergencial, ferramentando com estratégias didáticas para atividades síncronas e assíncronas, reduzindo o impacto no período de isolamento. A mudança brutal do ensino presencial para um remoto, protagonizou desgastes e insuficiências estruturais nos mais diferentes sistemas de ensino, além do problema da falta de suporte e formação aos docentes.

O impacto sobressalente da pandemia ritmou os processos escolares, que agora, na sua maioria, virtualizados, são definidos, por alguns, como definitivos, isto é, a digitalização das estruturas físicas representa um novo momento para a Educação. No entanto, há uma tentativa de utilizar a pandemia para direcionar o futuro da Educação, cabendo compreender que o aprendizado é composto não unicamente pela cognição, envolvendo as diversas interações dos alunos e professores, espaços e ferramentas de aprendizagem (WASSERMAN *et al.*, 2020).

Apesar da falta de critérios e políticas que organizassem como deveria ser a inserção dessas tecnologias, o fato é que elas já estavam presentes e, muitas vezes, personificadas unicamente em um laboratório de informática. Discute-se agora em quais formatos, processos

e ações esta tecnologia deve estar na escola e não se ela deve estar, e não apenas uma, mas as várias que estão dispostas, portanto

hoje não faz mais sentido pensar em uma educação “sem tecnologia”, assim como não faria sentido uma escola sem a palavra escrita. Nossas crianças e jovens precisam ser parte desse processo evolutivo e nossas escolas – sobretudo as públicas – não podem estar isoladas das novas formas de pensar e fazer da sociedade (BLIKSTEIN *et al.*, 2021, p. 7).

A tecnologia é intrínseca às atividades humanas (PAPERT, 2004) e não se restringe a um único ente (VALENTE, 1999) quando incorporada aos processos educacionais. Neste ponto, diante da diversidade disponível, cabe uma organização desta tecnologia educacional. Em um relatório provocado inicialmente pelo *Todos Pela Educação*, em 2021, com o título *Tecnologias para uma educação com equidade: Novo Horizonte para o Brasil*, os autores organizam as tecnologias em três categorias, de acordo com a sua função na escola, como mostra no Quadro 1:

Quadro 1 – Tipo de tecnologias de acordo com a sua função na escola

CATEGORIA	DEFINIÇÃO
 INFRAESTRUTURA	Tecnologias de infraestrutura: software e hardware não diretamente relacionados ao conteúdo ou desenho pedagógico. Exemplos: computadores, celulares, acesso à internet, pacotes de aplicativos (<i>Google Docs</i> , <i>Microsoft Office</i> , <i>LibreOffice</i>) e software de gestão educacional.
 ENSINO	Tecnologias de ensino: ferramentas diretamente ligadas ao conteúdo ou a avaliações, sobretudo em disciplinas regulares. Exemplos: vídeo aulas, sistemas de testes, cursos online, aplicativos de celular e jogos educacionais.
 CRIAÇÃO e EXPERIMENTAÇÃO	Tecnologias de criação e experimentação: materiais e tecnologias com os quais alunos constroem objetos físicos e virtuais e fazem experimentos. Exemplos: kits de robótica e computação física (<i>GoGo Board 1</i> , <i>Lego®</i> , <i>LilyPad Arduino 2</i> , <i>Micro:bit3</i> , <i>JabutiEdu4</i>), impressoras 3D, ferramentas de programação (<i>Logo 5</i> , <i>Scratch 6</i> , <i>NetLogo 7</i> , <i>Portugol Studio 8</i>); laboratórios virtuais (<i>CloudLab/Biolab</i> , <i>LivRE/UFRJ9</i> , <i>Webduino 10</i> , <i>RexLab/UFSC 11</i>); sensores de ciência, ferramentas de criação de vídeo, música, áudio, arte interativa, materiais e ferramentas de para criação de artesanato, fantasias, têxteis e demais produtos criativos.

Fonte: Adaptado de Blikstein *et al.* (2021)

Advoga-se, partindo da categorização exposta, a necessidade dos diferentes tipos de tecnologias nas escolas, introduzidas a partir de programas e políticas públicas organizadas, que ofertem aos alunos experimentações diversas, atendendo as demandas sociais vigentes, considerando, por exemplo, que o acesso à internet é um direito da criança e do adolescente (UNESCO, 2017).

Notoriamente, sabe-se que o uso das tecnologias pode apoiar, articular e promover a mobilização de conceitos em diversas áreas, como Física e Matemática, desta forma, o “aluno torna-se sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem que inclui não apenas aquisição de conteúdos, mas o desenvolvimento de competências que ampliarão a capacidade de gerenciar seu próprio processo de aprendizagem” (CASTRO, 2012, p. 163).

Destaca-se, portanto, o caráter autoral e colaborativo das tecnologias, como o computador e a internet, concatenando com os novos documentos balizadores educacionais como a BNCC, na qual argumenta, na competência 05, que os alunos precisam compreender, utilizar e criar tecnologias digitais da informação e comunicação de forma crítica, significativa, ética e reflexiva nas suas diferentes práticas sociais para acessar e disseminar informações, assim, exercendo seu protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BRASIL, 2018).

Trazendo ao foco que o computador ou sistemas computacionais (*hardware + software*) estão presentes e podem contribuir para a implementação de novos caminhos no ensino, entende-se que não mais é necessário preocupar-se em ensinar os alunos a operarem os sistemas de computação ou utilizá-lo para instruir. Com este intento, Valente (1993, p.12) explica que

(...) segundo esta modalidade, o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, a aprendizagem ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por meio do computador.

Para tanto, na próxima seção será discorrido sobre o uso das tecnologias no ensino da Matemática, essencialmente a concepção e o uso dos computadores por meio do Construcionismo e suas consequências históricas e epistemológicas.

2.2 Construcionismo: Computadores, Matemática e os dias de hoje

A constituição do que hoje se conhece como computador se deu a partir de um processo histórico que carrega inúmeros personagens e artefatos. Portanto, esta é uma máquina de resolução de problemas que trabalha dados a partir de uma lista de instruções indicadas em um

algoritmo (TEIXEIRA, 2019). Os computadores modernos alcançaram o estado atual devido às descobertas teóricas que acharam viável a criação de "ferramentas para aumentar a capacidade intelectual humana, e dispositivos para substituir os aspectos mais mecânicos do modo de pensar do homem" (FONSECA FILHO, 2007, p. 85). Na mesma linha, Lévy (1999, p. 26) incorpora que essas máquinas "aumentaram a capacidade de agir e de comunicar dos indivíduos".

O fio que tece a história do computador está intimamente ligado à computação, que nasce a partir do desejo da compreensão da capacidade humana de resolver, de forma sistemática, problemas (FONSECA FILHO, 2007). Diversas mudanças sociais, econômicas e culturais têm sido produzidas pelo seu uso, assim “é impossível imaginar nosso cotidiano sem uma efetiva utilização do computador” (ANDRADE, 2014). Os predecessores do computador emergiram perante necessidades que iam desde contagem ao cálculo aritmético, por assim ser, “o vocábulo computador tem sido utilizado com o significado de ‘efetuar cálculos com números’” (*ibid.* p. 4), a outras situações de contagem.

Fernandez e Cortés (2019) apresentam como primeiro instrumento manual de cálculo, nesse processo de evolução, o Ábaco, que foi largamente utilizado pelas civilizações antigas, constituído de uma peça retangular, varetas e anéis. Outro dispositivo que remonta do período antigo é o descrito por Bolter (1984), um instrumento chamado de mecanismo de *Antikythera*, composto por engrenagens metálicas, este artefato assemelhava-se a um relógio astronômico usando aparatos mecânicos para realizar cálculos tediosos, demonstrando o interesse de algum artesão em termos de mecanização e matematização do tempo.

Com a descoberta dos logaritmos pelo Barão de *Merchiston*, John Napier, foi criada a régua de cálculo, o primeiro artefato de computação mecânico e analógico. No mesmo período surge também a calculadora decimal, construída por Blaise Pascal, no entanto, outra calculadora ganhou destaque, a *Arithmometer*. Este equipamento efetuava cálculos com as 4 operações básicas, assim, "com o desenvolvimento dos primeiros dispositivos mecânicos para cálculo automático, começa efetivamente a vertente tecnológica que levará à construção dos primeiros computadores" (FERNANDEZ; CORTÉS, 2007, p. 86).

Reconhecido como pai do computador moderno, Charles Babbage construiu a Máquina Diferencial ou de Diferenças, projetando, a partir das ideias de Jacquard, a Máquina Analítica, que não foi finalizada. Ganha destaque a presença da primeira programadora da história da computação, Ada Byron, que colaborou com Babbage, percebendo o alcance das invenções, criando programas e escrevendo relatos precisos sobre o projeto, demonstrando compreender os princípios de um computador programado um século antes (MOORE, 1977).

Outras máquinas diferenciais e analíticas são descritas por Williams (1997), já IEEE (1995) apresenta o início da *International Business Machine* (IBM), quando conseguiu ganhar a concorrência nos Estados Unidos para desenvolver um equipamento para auxiliar no censo populacional em 1890. Fonseca Filho (2007) apresenta a história dos computadores analógicos, remontando a um passado distante, tendo evoluções mais sofisticadas a partir do século XV, definindo-os como:

um dispositivo no qual os números são representados por quantidades físicas medidas, e nos quais equações ou relações Matemáticas são representadas por diferentes componentes, correspondendo a operações Matemáticas singulares, tais como integração, adição ou multiplicação (FONSECA FILHO, 2007, p. 94).

Um exemplo de dispositivos citados é o Analisador Harmônico, idealizado por Lord Kelvin, que pretendia substituir o grande trabalho mecânico de calcular os fatores elementares que fazem parte da subida e descida das marés (GOLTER, 1972). Kelvin também idealizou o Analisador Diferencial, que objetivava o cálculo de sistemas de equações ordinárias, construída, posteriormente, por Vannevar Bush, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

A primeira guerra mundial trouxe o incentivo necessário para o desenvolvimento das máquinas computacionais a fim de resolver problemas, como a determinação da função de deslocamento, levando em conta a resistência do ar, considerando a função velocidade (FONSECA FILHO, 2007). Novos rumos foram tomados a partir do aprofundamento dos estudos sobre eletricidade, que possibilitaram a substituição, nas máquinas computacionais, da mecânica pela eletricidade.

Golter (1972) insere os trabalhos do inglês Douglas Hartree, que buscou resolver equações diferenciais utilizando analisadores diferenciais, prevendo, pelos cálculos complexos, a necessidade de novas máquinas, no caso, os computadores eletrônicos. Um passo importante para a computação moderna foi a projeção de máquinas utilizando as ideias de George Boole por Claude E. Shannon, trabalhando com valores de 0 e 1 em uma tabela.

Os computadores eletrônicos, tendo como principal elemento as válvulas, representaram um grande avanço e mais uma vez reclamados por uma guerra, sendo então construído o *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC) em 1943, que era programado manualmente utilizando-se de fios, chaves e cartões perfurados. Outros projetos ganharam destaque também, como o *EDSAC*, *EDVAC* e o *COLOSSUS*, este último na Inglaterra.

Até então, estes artefatos eram propriedade do governo, por meio das universidades, e consistiam em projetos. No entanto, em 1951, foi lançado o *Universal Automatic Calculator* (UNIVAC I), que se tornou o primeiro computador comercial, possibilitando que:

Os sistemas cognitivos humanos podem então transferir ao computador a tarefa de construir e de manter em dia representações que eles antes deviam elaborar com os fracos recursos de sua memória de trabalho, ou aqueles, rudimentares e estáticos, do lápis e papel (LÉVY, 2010, p. 24).

Neste aglomerado de acontecimentos, é importante pontuar que o berço, de fato, da Ciência da Computação moderna foi na Inglaterra por meio do matemático Alan Turing, que indicou a possibilidade de realizar operações no campo da Teoria dos Números, utilizando uma máquina com as regras do sistema formal embutidas, substituindo a noção intuitiva de procedimento efetivo por uma ideia formal, conceituando matematicamente a noção de algoritmo (FONSECA FILHO, 2007).

Lévy (2010) argumenta que o computador pessoal teve sua construção progressiva, em que cada elemento suplementar foi dando sentido ao outro, subsumindo agenciamentos de significação e uso. O aperfeiçoamento conceitual e teórico dos computadores mobilizaram movimentos para torná-los pertencentes à massa, principalmente com a substituição das válvulas por transistores e circuitos integrados, já que eram vistos como exóticos e caros (PAPERT, 1980). À medida que o seu tamanho ia diminuindo, ao passo que se tornavam mais potentes, os computadores passaram a fazer parte do dia a dia das pessoas e, na década de 1970, foi montada a primeira loja de informática nos Estados Unidos, tendo seu primeiro computador o *Apple I*, assim:

A montagem foi o primeiro princípio de interface com os usuários dos novos computadores. Essa característica da interface implicava uma modificação no significado da máquina: o essencial não era mais montá-la, mas sim usá-la. Ainda se fazia bricolagem, mas havia-se atingido um novo estágio. A segunda interface, desenvolvida por Wozniac, era o gravador cassete que permitia carregar o Basic. Na verdade, a primeira versão do Apple 1 não possuía um gravador cassete, sendo precisa digitar a linguagem de programação à mão cada vez que o computador era ligado, antes de começar a programar qualquer outra coisa (LÉVY, 1994, p. 27).

Se o computador estava presente nos contextos sociais a partir da sua emersão do seio das universidades e tendo propósitos bélicos, há agora de se discutir o seu papel na Educação. Destaca-se, inicialmente, a percepção do potencial educativo do computador que aconteceu por

meio do desenvolvimento da linguagem *BASIC*³, pela professora Mary Keller, em 1965. De acordo com Matos *et al* (2019), a professora preponderava a relevância do ensino com o auxílio de tecnologias e como a computação poderia ajudar os seres humanos nos processos de aprendizagem. Ao mesmo tempo, emanava questionamentos sobre como os computadores poderiam interferir na maneira das pessoas aprenderem e pensarem (PAPERT, 1980).

Nisto, Valente (1999) coloca que o uso destas máquinas na Educação são muito mais diversificadas, desafiadoras e interessantes, do que a simples transmissão de informações ao estudante. O autor ainda argumenta que o processo de construção do conhecimento pode ser auxiliado por meio do enriquecimento de ambientes de aprendizagem. Paulo Freire também abordou a necessidade do seu estreitamento com a escola, para tanto, a Educação

[...] não é redutível a técnica, mas não se faz a educação sem ela. Não é possível, a meu ver, começar um novo século sem terminar este. Acho que o uso de computadores no processo de ensino-aprendizagem, em lugar de reduzir, pode expandir a capacidade crítica e criativa de nossos meninos e meninas. Depende de quem usa, a favor de quê e de quem e para quê (FREIRE, 2001, p. 98).

Há de pensar, no já elencado, que os computadores podem servir de solução para todos os problemas educacionais, todavia, Freire (2001) clarifica que o uso de tais equipamentos nas escolas precisam suceder os questionamentos “depende de quem usa”, “a favor de quê e de quem” e “para quê”, uma vez que colocar à disposição uma professora ou um computador para cada aluno, sem elaboração de novos objetivos para a Educação, certamente não será a solução do problema (VALENTE, 1980).

Os computadores voltados para a aprendizagem de crianças começaram a figurar nas esteiras sociais devido aos estudos do professor Seymour Papert e seu grupo de estudos, na década de 1960, no MIT. Campos (2008) depõe que Papert é tido por teóricos, professores e estudantes de todo o mundo como um dos principais autores sobre o uso dos computadores na aprendizagem. Presicce (2017) relata que a parte significativa do seu trabalho se centrou no papel que os computadores poderiam envolver crianças na aprendizagem por meio da criação. No mesmo entendimento, Papert é considerado, segundo Sousa (2021, sn):

[...] um dos maiores visionários do uso da tecnologia na educação. Em plena década de 1960, ele já dizia que toda criança deveria ter um computador em sala de aula.

³ Linguagem de programação de alto nível, o *BASIC* (*Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code*, em uma tradução direta para o português como Código de instrução simbólica multifacetada para iniciantes) nasceu em 1964 no Dartmouth College, New Hampshire (EUA), desenvolvido por John G. Kemeny e Thomas E. Kurtz, com grandes contribuições da freira Mary K. Keller. Com fins didáticos, a linguagem possui comandos simples a partir de palavras em inglês, era imperativa, executava linha por linha, baseada em Fortran II e de fácil aprendizado.

Na época, suas teorias pareciam ficção científica. Entre 1967 e 1968, desenvolveu uma linguagem de programação totalmente voltada para a educação, o Logo.⁴

Pelo exposto, o computador agora se apropria de novas funções educacionais, deixa de ser uma máquina de ensino e informação e passa ao estado de matéria prima para a construção da expressão pessoal (BLIKSTEIN, 2016), ao passo que os aprendizes agora utilizarão as máquinas não mais passivamente, mas como ferramenta de autoria que inspira a construção das suas estruturas intelectuais.

Os movimentos que circunscrevem a criação de uma linguagem de programação para a aprendizagem, bem como o computador enquanto ferramenta complementar, corroboram-se a partir da sua estadia com Piaget na Universidade de Genebra e inquietações próprias. Assim, Papert (1980) apresenta o computador como máquina estranha e que ninguém esperava que ela se tornaria comum no dia a dia, bem como as especulações de jornalistas sobre um mundo futuro repleto de computadores, por assim ser

O principal assunto desses artigos era o que as pessoas seriam capazes de fazer com seus computadores. A maioria dos autores enfatizava seu uso para jogos, diversão, imposto de renda, correspondência eletrônica, compras e operações bancárias. Poucos falavam sobre o computador como **uma máquina de ensino** (PAPERT, 1980, p. 15). [Grifo do autor]

A partir deste marco, isto é, do “computador como máquina de ensino”, será traçado interações entre Piaget e Papert, numa busca de indicar as contribuições do primeiro sobre o último. O interesse deste trabalho em Piaget, está na sua teoria Construtivista, que refuta a ideia de mera transmissão do conhecimento, afirmando que a criança o constrói através de interações com o meio. Carretero (1997) define Construtivismo como a ideia que o indivíduo não é um produto do ambiente, nem resultados de suas disposições internas, mas uma construção própria produzida a cada dia, considerando o conhecimento como uma construção do ser humano e não como uma cópia da realidade.

A teoria piagetiana substancia a compreensão de como as crianças pensam e realizam atividades nos diferentes níveis de desenvolvimento, assim, o cerne do problema epistemológico é o da passagem de um "conhecimento inferior ou mais pobre a um saber mais rico (em compreensão e extensão)", neste preâmbulo, é considerado que o conhecimento não é algo "predeterminado nem nas estruturas internas do sujeito, porquanto estas resultam de uma construção efetiva e contínua" (PIAGET, 2007, p. 1).

⁴ Entrevista realizada por Ana de Fátima Sousa à revista Super Interessante no ano de 2021, disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/a-maior-vantagem-competitiva-e-a-habilidade-de-aprender/>

Assim, o desenvolvimento cognitivo é dividido em faixas, evoluindo de acordo com a idade, a sensório-motora, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal, para cada uma a criança apresenta aspectos diferentes quanto ao seu eu e o mundo ao redor, possuindo estratégias e lógica própria nas formas de pensar e fazer. No entanto, não significa dizer que as visões de mundo das crianças não mudam através do contato com o meio, suas visualizações estão evoluindo continuamente.

Neste aspecto, o conhecimento, de acordo com Piaget, se expande e se estabiliza de dentro, seguindo leis complexas de auto organização, então, concluir para uma criança abandonar uma teoria atual requer mais do que a exposição a uma teoria melhor (ACKERMMAN, 2001). Por assim ser, as mudanças conceituais em crianças, são resultados da ação de pessoas, do mundo, ou experiência, em conjunto com uma série de processos ocultos (CAREY, 1987). Implica-se a partir de tal pensamento para a Educação três pontos:

a) ensinar é sempre indireta. As crianças não absorvem apenas o que está sendo dito. Em vez disso, elas interpretam o que ouvem à luz de seu próprio conhecimento e experiência. Elas transformam a entrada; b) o modelo de transmissão, ou metáfora do canal, da comunicação não vai fazer. Para Piaget, conhecimento não é informação a ser entregue em uma extremidade e codificado, memorizado, recuperado e aplicado na outra extremidade. Em vez disso, o conhecimento é a experiência que é adquirida através da interação com o mundo, pessoas e coisas; c) Uma teoria da aprendizagem que ignora as resistências à aprender perde o foco. Piaget mostra que, de fato, as crianças têm boas razões para não abandonarem seus pontos de vista à luz de perturbações externas (ACKEMMAN, 2001, p. 3).

Na observação e captação nos diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo das crianças e a sua evolução com o passar da idade, o Construtivismo rumo a desconsiderar aspectos relevantes externos e internos, ignorando o “papel do contexto, usos e mídia, a importância das preferências e estilos individuais, no desenvolvimento e aprendizagem humana” (ACKEMMAN, 2001, p. 4).

Na mesma direção, Papert (1980) aponta, como ponto de discordância em relação ao Construtivismo, o papel atribuído ao meio cultural como fonte dos materiais, uma vez que a criança é considerada como construtora, necessitando de materiais. As inquietações investidas em Papert a partir da sua proximidade com as teorias piagetianas e pressupostos teóricos de Dewey, de Montessori e de Freire, define o Construcionismo como uma teoria de aprendizagem. De acordo com Altoé e Penati (2005, p. 1), o Construcionismo é:

[...] uma corrente teórica empenhada em explicar como a inteligência humana se desenvolve, partindo do princípio de que o desenvolvimento da inteligência é determinado pelas ações mútuas entre o sujeito e o meio. Considera-se que a inteligência não é inata, mas que o sujeito também não é passivo sob influência do

meio, isto é, ele responde aos estímulos externos agindo sobre eles para construir e organizar o seu próprio conhecimento, de forma cada vez mais elaborada.

O Construcionismo nasce no seio do Construtivismo, subsumindo um caráter educacional e com o foco no uso do computador para que os alunos possam construir suas estruturas intelectuais. As ideias que inundam agora é que as crianças aprendem fazendo, desta forma, de acordo com Papert (1985, p. 186),

[...] a criança realmente tem conhecimento de procedimentos e o utiliza em muitos aspectos de sua vida, seja planejando estratégias para um jogo da velha ou dando instruções a um motorista extraviado. Mas frequentemente a mesma criança não o utiliza para fazer aritmética na escola.

Papert e Harel (1991, p. 3) inferem que o Construcionismo se “resume a exigir que tudo seja entendido sendo construído”. Em outro momento, procurando elencar as distinções entre a sua teoria e o Construtivismo, Papert (1991, p. 1) apresenta que no

Construcionismo – a palavra N em oposição à palavra V – compartilha a visão do construtivismo de aprender como “construir estruturas de conhecimento”, independentemente das circunstâncias do aprendizado. Em seguida, acrescenta a ideia de que isso acontece especialmente em um contexto onde o aprendiz está conscientemente engajado na construção de uma entidade pública, seja um castelo de areia na praia ou uma teoria do universo.

Valente (1993), ao discorrer sobre o Construcionismo, coloca que o uso do termo, por Papert, direcionava para uma construção do conhecimento quando o aluno está envolvido na elaboração de um objeto de seu interesse. Como já transcrito, o enfoque maior do Construcionismo está na aprendizagem, objetivando ensinar de forma a produzir uma maior aprendizagem por meio do mínimo de ensino (PAPERT, 1994). Diversas contribuições podem ser apresentadas e percursos pedagógicos podem ser seguidos, nisto, a abordagem papertiana permite a compreensão de como as ideias são formadas e transformadas utilizando-se de diferentes mídias para serem expressas, quando atualizadas em contextos particulares e quando trabalhadas por mentes individuais (ACKEMMAN, 2001). Amplia-se agora a compreensão dos processos cognitivos, destarte

Mesmo quando parece estarmos transmitindo com sucesso informações dizendo-as, se pudéssemos ver os processos cerebrais em funcionamento, observaríamos que nosso interlocutor está "reconstruindo" uma versão pessoal das informações que pensamos estar “transferindo” (PAPERT, 2008, p. 137).

Antagonizando com o Construcionismo, Papert (2008) compara com a “vara de pescar” (ao invés do peixe) dada a criança, tornando-as “pescadoras” do conhecimento que precisam, é apresentado o Instrucionismo, que afirma que para uma boa aprendizagem é necessário um aperfeiçoamento da instrução. Valente (2001), ao discorrer sobre o uso do computador, indica que o Instrucionismo acontece – na relação computador, software e aluno – quando a máquina, através de instruções ensina o aluno, o movimento contrário é caracterizado como Construcionismo, portanto:

Quando o computador ensina o aluno, o computador assume o papel de máquina de ensinar e a abordagem pedagógica é a instrução auxiliada por computador, ou seja, o **Instrucionismo**. Esta abordagem tem suas raízes nos métodos tradicionais de ensino, porém em vez da folha de instrução ou do livro de instrução, é usado o computador. Os software que implementam esta abordagem são os tutoriais, os software de exercício-e-prática e os jogos. Os tutoriais enfatizam a apresentação das lições ou a explicitação da informação. [...] Quando o aluno "ensina" o computador, o computador passa a ser uma máquina para ser ensinada, propiciando condições para o aluno construir o seu conhecimento. A abordagem pedagógica utilizada é o **Construcionismo** (VALENTE, 2001, p. 1-2). **[Grifo do autor]**

A validação do discurso de Papert apresentado até aqui sobre o Construcionismo, em que o computador ascende a um papel fundamental na criação e melhoramento de ambientes de aprendizagem, ocorre a partir da criação da linguagem *Logo*, sendo, de acordo com Valente (1999), o exemplo mais marcante da abordagem. A linguagem foi criada em 1967, tendo pontos basilares no Construtivismo e Inteligência Artificial e apresentada, por Papert (1980), como filosofia da educação, linguagem de programação e conjunto de linguagens de computação interpretativas, tendo várias versões, sendo a mais conhecida a que envolveu uma tartaruga. A linguagem possibilitava aos alunos o aprendizado de um grande número de conceitos matemáticos de uma maneira divertida (PAPERT, 1980), considerada a primeira tentativa para demonstrar que o computador transcende a ideia de um mero dispositivo de informação e comunicação (BLIKSTEIN, 2016).

Outro posicionamento do autor sobre a linguagem é que ela não é um brinquedo e não está restrita às crianças. Inicialmente era utilizada somente em grandes computadores, mas inserida em computadores menores a partir do barateamento e popularização. Valente (1999, p. 3) acrescenta que

[...] essa linguagem foi implementada em computadores de médio e grande porte (PDP 11 e PDP 10, respectivamente), fato que fez com que, até o surgimento dos microcomputadores, o uso do Logo ficasse restrito nas universidades e laboratórios de pesquisa. As crianças e professores se deslocavam até esses centros para usarem o Logo, e nessas circunstâncias, os resultados das experiências com o Logo se

mostraram interessantes e promissores. Na verdade, foi a única alternativa que surgiu para o uso do computador na educação com uma fundamentação teórica diferente, passível de ser usado em diversos domínios do conhecimento e com muitos casos documentados, que mostravam a sua eficácia como meio para a construção do conhecimento por intermédio do seu uso.

O computador, neste ambiente chamado *Logo*, detém funções pedagógicas. O controle da tartaruga permitia uma materialização do processo de ensino. Outro destaque elucidado pelo autor é criação de modelos que a atividade com estes artefatos possibilita. Assim, o computador passaria de um transmissor de informações a uma ferramenta de auxílio para formalização de conhecimentos, neste ponto

[...] o computador é a ferramenta que propicia à criança as condições de entrar em contato com algumas das mais profundas ideias em ciência e matemática e criação de modelos. Segundo a filosofia Logo, o aprendizado acontece através do processo de a criança inteligente ensinar o computador burro, ao invés de o computador inteligente ensinar a criança burra. Com esta proposta, Papert inverte o atual quadro de uso do computador na escola. O computador deixa de ser o meio de transferir informação, e passa a ser a ferramenta com a qual pode formalizar os seus conhecimentos intuitivos (VALENTE, 1985, p. 10).

Atualmente, o ambiente *Logo* não é utilizado como referência para o ensino, seja de programação ou conceitos matemáticos, apesar de ter sido o embrião para a abordagem de ensino utilizando o computador, talvez por não ter acompanhado o desenvolvimento da computação, hipermídia e interfaces gráficas (CAMPOS, 2008).

Considerada uma tecnologia ultrapassada, a linguagem *LOGO* fincou pressupostos que mais tardes foram definidos formalmente, possibilitando novas etapas para o avanço do uso da computação no ensino, como foi o caso do Pensamento Computacional, no qual o autor emana indicações, explicando que “as crianças chegam a correções significativas ao que estão tentando ensinar a tartaruga, ao mesmo tempo aprendendo um novo tipo de pensamento” (PAPERT, 1980, p. 54). Em um trecho ulterior, Papert argumenta que é vantajoso as pessoas pensarem como um computador, isto é, ter um Pensamento Computacional. Todavia, vale sublinhar que esta argumentação não se tratava ainda da noção de PC.

Os trabalhos de Seymour Papert fincaram bases e permitiram uma formalização inicial do que seria o PC. Com o transcorrer dos anos, novos elementos foram agregados possibilitando novos caminhos, como o desenvolvimento do PC com atividades desplugadas (BRACKMANN, 2017), que se baseiam no desenvolvimento de ações que independem do uso do computador, mas que no transcorrer do seu processo conceitos fundamentais da computação são trabalhados. Assim o autor afirma que:

[...] o ensino de conceitos da Computação através de atividades off-line (sem o uso de máquinas ou aparatos eletrônicos), também conhecido como “Desplugada” ou “Unplugged” é uma alternativa interessante para universalizar o acesso a este conhecimento (BRACKMANN, 2017, p. 21).

Apesar de ser uma alternativa, recomenda-se que a computação desplugada seja utilizada para a introdução ao PC por não possibilitar uma prática plena de fundamentos da computação (BRACKMANN, 2017). Neste sentido, é importante que a sua prática seja adicionada ao contato com as tecnologias. A terminologia foi definida por meio de um artigo publicado no número 3 da edição 49 do periódico “*Communications of the ACM*”, em março de 2006, ganhando rapidamente notoriedade.

Assim, o PC é descrito como uma combinação de pressupostos da Computação e o pensamento crítico que definem uma metodologia para solucionar problemas, sendo uma maneira distinta de pensamentos com ideias básicas da Ciência da Computação para resolver problemas, criar sistemas e para compreender o comportamento humano (WING, 2006).

Wing (2006) descreve as características do PC, assim, a saber: a) pensamento em vários níveis de abstração, não apenas programando; b) a habilidade como fundamental, não uma rotina mecânica; c) a maneira que os humanos pensam e não os computadores; d) combinação e complementação do pensamento matemático e de engenharia; e) elaboração de ideias e não artefatos; f) para todos, em todos os lugares.

Wing (2010) acrescenta que o PC corresponde a processos de pensamentos que estão inseridos na formulação de problemas bem como nas suas soluções, sendo que podem ser executados de forma eficaz por um agente de processamento de informações. Corroborando com a definição da autora, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) se refere ao PC como sendo uma “capacidade de sistematizar, representar, analisar e resolver problemas” (SBC, 2017, p. 9). Destarte, o “pensamento computacional oferece uma nova forma de conhecer o mundo, o que é importante para a cidadania, para o trabalho futuro e para profissionais de diversos setores” (USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2010, p. 66).

Já Brackmann (2017), indica o PC como abordagem de ensino que vem ganhando foco do ponto de vista da inovação utilizando-se de técnicas diversas providas da Ciência da Computação. O mesmo autor indica os quatro pilares do Pensamento Computacional: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo.

A decomposição diz respeito à ideia de quebrar um problema em subproblemas, a partir daí busca-se padrões e problemas semelhantes a fim de encontrar a solução, já na fase do

reconhecimento de padrões. Com a atenção apenas nos detalhes considerados importantes e dispensando informações desnecessárias (Abstração) e, por fim, são criados os passos ou regras para a solução (Algoritmo). Apesar dos avanços conceituais, Kurshan (2016) aponta que existem críticas que sugerem não se saber o que é PC e como medi-lo, no mesmo plano, Valente (2016) aponta que não há uma definição em que todos concordem. No entanto,

[...] a falta de desacordo explícito sobre seus membros poderia ser entendida como refletindo uma intuição compartilhada entre os participantes do workshop que o pensamento computacional, como um modo de pensamento, tem o seu próprio caráter distintivo (USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2010, p. 65).

Tal postura reconhece o PC como dinâmico, fazendo com que as definições convirjam para indicar novos rumos, em que o modo de pensar e enxergar problemas na Computação possa ser também reproduzido em um mundo real impregnado de mudanças constantes.

Assim, como em outros países, o Brasil também partilhou pelo interesse pela Computação na sala de aula, sendo que as primeiras investidas voltadas para o uso do computador, enquanto recurso pedagógico, aconteceram na década de 1970, partindo das universidades e buscando "fundamentar pesquisas utilizando experiências realizadas em escolas" (KAMINSKI *et al.*, 2021, p. 610).

A construção desse novo cenário, onde a informática ganhava espaço, Valente (1999) destaca as contribuições de Seymour Papert e Marvin Minsky, que, em 1976, lançaram as primeiras ideias do LOGO no país. Contudo, foi na década de 1980 que houve a expansão do seu uso, tendo contribuições significativas na linguagem de programação. Destaca-se a criação do Laboratório de Estudos Cognitivos, tendo como foco pesquisas no campo da cognição e epistemologia genética.

Com o desenvolvimento das pesquisas, de acordo com Fagundes *et al* (2019), surge o interesse em estudar os impactos da interação do computador e as linguagens de programação no desenvolvimento cognitivo e nos processos de aprendizagem. A autora ainda cita a ampliação das parcerias de pesquisas, subsumindo Seymour Papert, investigando as hipóteses de leitura e escrita no processo de alfabetização através da linguagem LOGO.

Esses primeiros movimentos no cenário nacional, principalmente através da Educação com Computadores (EDUCOM), política implementada pelo Ministério da Educação, é abordado por Kaminski (2021), como um momento de altas expectativas quanto ao uso do computador como instrumento revolucionário e uma mudança de paradigma educacional, principalmente quanto ao uso linguagem desenvolvida por Seymour Papert.

A década de 1990 é marcada pela entrada dos computadores nas escolas públicas de forma desigual e sem ainda pressupostos do Construcionismo, uma vez que eram artefatos mais presentes no meio social. Todavia, não houve incentivo à formação de professores ensejando muitas dificuldades (SANTIAGO, 2017).

Nisto, a escola teria a função de ensinar a operar essas máquinas, para tanto, os computadores seriam fonte de informação, auxiliadora no processo de ensino, de aprendizagem e de construção do conhecimento, meio para desenvolver autonomia pelo uso de programas que possibilitavam pensar, refletir e criar soluções, sendo um grande aliado no desenvolvimento cognitivo dos estudantes permitindo que aluno aprenda com seus erros (BRASIL, 1998).

O impacto das novas tecnologias e sua ascendência na vida social é abordado nos PCN, uma vez que era considerado que “as calculadoras, computadores e outros elementos tecnológicos estão cada vez mais presentes nas diferentes atividades da população” (BRASIL, 1998, p. 43).

Assim, era percebido que a presença dessas tecnologias na vida dos indivíduos exigiria competências que sobressaem o simples uso das máquinas, nisto era necessário aprender continuamente (BRASIL, 1998). Nessa mesma ótica, Barcelos e Silveira (2012) e Valente (2016), inserem que a inserção dos computadores na sala de aula para ensinar os alunos a realizar atividades distingue das ideias de Pensamento e Letramento Computacional, isto é, não apenas aprender a operar a máquina. Silva *et al* (2021) acrescentam que o cotidiano na escola gera lacunas em atividades que abordam o Pensamento Computacional, a mudança de paradigma no que concerne à sala de aula e o Letramento Digital.

Vale salientar que toda essa atmosfera que envolvia o uso do computador ou sistemas computacionais, na maioria das vezes estava relacionada ao ensino da Matemática. Nisto, habilidades e procedimentos como “reconhecer e se orientar” em um “mundo do conhecimento em constante movimento”, “selecionar e analisar informações”, exigindo assim tomada de decisões que “que exigirão linguagens, procedimentos e formas de pensar matemáticos que deveriam ser desenvolvidos (BRASIL, 1998), no qual o computador seria o principal aliado.

Apesar de não haver ainda uma construção propriamente dita do termo Pensamento Computacional, pode ser percebido correlações nos PCN, ainda que tímidos, que corroboram com as ideias de Papert (1980) e Wing (2006). Isto posto, percebe-se que o enfoque para o mundo do trabalho, assim, as novas demandas iriam requerer

[...] trabalhadores mais criativos e versáteis, capazes de entender o processo de trabalho como um todo, dotados de autonomia e iniciativa para resolver problemas em equipe e para utilizar diferentes tecnologias e linguagens (que vão além da

comunicação oral e escrita). Isso faz com que os profissionais tenham de estar num contínuo processo de formação e, portanto, aprender a aprender torna-se cada vez mais fundamental (BRASIL, 1998, p. 27).

As expressões que dizem respeito ao “uso das tecnologias e linguagens (que vão além da comunicação oral e escrita)” e “aprender a aprender” abrem espaços para relacionar com textos que discorrem sobre o PC. Por assim ser, Brackmman (2017) informa que um modelo estruturado de pensamento auxilia no processo de “aprender a aprender”, promovido pelo PC, de acordo com Wing (2010).

Ademais, o texto dos PCN chama a atenção para a necessidade de novas linguagens, para além das convencionais, e a proposição e resolução de problemas em equipe, corroborando com Wing (2010) e Kurshan (2016).

Outros itens são abordados no trabalho de Barcelos e Silveira (2012), como a articulação dos símbolos e códigos, relações e identificação de regularidades e modelos explicativos e representativos. Destaca-se também que, junto à elaboração e publicação dos PCN no ano de 1998, foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), que teve um papel de possibilitar o apoio técnico e financeiro para subsidiar ações. Até a elaboração da BNCC, as indicações que haviam e apoiavam a informatização das escolas estavam nos textos dos PCN.

Com a elaboração e homologação da BNCC, através dos marcos legais, uma reorientação dos currículos emergiu, trazendo novos moldes para a Educação brasileira. Competências, habilidades, componentes curriculares são exemplos das novas terminologias inseridas no eixo educacional. Por conseguinte, a BNCC descreve as aprendizagens e competências mínimas necessárias objetivando preparar os estudantes “para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo” (BRASIL, 2018, p. 403). As competências são a capacidade de mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver situações complexas da vida cotidiana (BRASIL, 2018). Na BNCC, elas estão distribuídas em competências gerais, competências específicas por área e competências específicas por componente curricular.

A Sociedade Brasileira de Computação em 2017 criou um documento intitulado *Diretrizes para o ensino de Computação na Educação Básica*, que deveria ser de orientação para a elaboração da BNCC. Nas diretrizes, o ensino da Computação é apresentado e organizado em três eixos: Cultura Digital, Pensamento Computacional e Mundo Digital.

No que tange o Pensamento Computacional, é observado sua descrição explícita dentro da área de Matemática, no Ensino Fundamental. Segundo a BNCC, durante o Ensino

Fundamental os estudantes precisam desenvolver o Letramento Matemático, definido como competências e habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente (BRASIL, 2018).

Assim, conforme a BNCC, o uso da resolução de problemas, investigação, desenvolvimento de projetos e da modelagem contribuem para o desenvolvimento das competências essenciais para o Letramento Matemático e para o Pensamento Computacional:

Os processos matemáticos de resolução de problemas, de investigação, de desenvolvimento de projetos e da modelagem podem ser citados como formas privilegiadas da atividade matemática, motivo pelo qual são, ao mesmo tempo, objeto e estratégia para a aprendizagem ao longo de todo o Ensino Fundamental. Esses processos de aprendizagem são potencialmente ricos para o desenvolvimento de competências fundamentais para o Letramento Matemático (raciocínio, representação, comunicação e argumentação) e para o desenvolvimento do pensamento computacional (BRASIL, 2018, p. 266).

Talvez pelo fato do Pensamento Computacional ajudar na resolução de problemas, ele acabou sendo colocado apenas na área da Matemática. No entanto, conforme o estudo de Nascimento, Santos e Tanzi (2018), o Pensamento Computacional pode ser trabalhado de forma interdisciplinar, além das área de exatas, foram identificadas pesquisas usando Artes, História e Geografia, por exemplo; e até mesmo sem o uso direto de Tecnologias Digitais, como, por exemplo, por meio da programação desplugada (BRACKMANN, 2017).

A BNCC também ressalta que a aprendizagem de Álgebra, com abordagens relacionadas a Números, Geometria e Probabilidade e Estatística contribuem para o aperfeiçoamento do Pensamento Computacional. Como pode ser verificado no excerto:

Outro aspecto a ser considerado é que a aprendizagem de Álgebra, como também aquelas relacionadas a Números, Geometria e Probabilidade e estatística, podem contribuir para o desenvolvimento do Pensamento Computacional dos alunos, tendo em vista que eles precisam ser capazes de traduzir uma situação dada em outras linguagens, como transformar situações-problema, apresentadas em língua materna, em fórmulas, tabelas e gráficos e vice-versa (BRASIL, 2018, p. 271).

Ainda no campo da Álgebra, o novo referencial para os currículos escolares, esclarece que a “identificação de padrões para se estabelecer generalizações, propriedades e algoritmos” (BRASIL, 2018, p. 271), mantém uma ligação direta com o PC. Tal ideia concatena com Brackmann (2017), que indica os pilares do PC, sendo um deles o reconhecimento de padrões.

Além das indicações diretas e apontamentos para a utilização de mecanismos que garantam o desenvolvimento do PC, o novo referencial para o currículo brasileiro, na sua

organização, dispõe de elementos sólidos que concatenam para que, ao final do Ensino Fundamental, competências como o PC sejam desenvolvidas pelos alunos.

Neste aspecto, consolida-se a ideia de que as tecnologias na Educação não podem estar limitadas como meio e suporte para promoção de aprendizagens ou engajamento dos alunos, mas que os alunos possam construir conhecimentos com e sobre as TDIC (BRASIL, 2018). Neste ponto, vocaciona-se ambientes ou abordagens disruptivas com ações metodológicas tradicionais, abrindo leques de opções para trabalhar alinhado aos currículos e que permita ao aluno se desenvolver além da

[...] experiência dialógica do ser na escola, na educação formal, mas também com o mundo e no mundo, resultando daí a sua capacidade de se conhecer, por meio do estabelecimento de relações no mundo, da compreensão dos fenômenos sociais que o cercam. Só adquirindo esses recursos próprios ele poderá agir em seu meio (CAMPOS, 2008, p. 12).

Cabe, como escopo definido, admitir distanciar-se da concepção dos alunos como depósitos, que apenas os privarão de desenvolverem em si uma consciência crítica que resultaria na sua inserção no mundo, sendo transformadores deles como sujeitos (FREIRE, 2006). Operando nesse pressuposto, é aceitável dizer que os sistemas de ensino devem, alinhados aos documentos reguladores da Educação e a realidade dos alunos, cultivar ambientes que possibilitem uma ruptura com um modelo que foca somente na resposta, construindo um ator coadjuvante receptáculo de conhecimento, “neste modelo de ensino tradicional, o erro apenas é tratado como algo superficial, e a criança recebe de pronto a resposta, sem a possibilidade de reflexão sobre o problema” (CAMPOS, 2008, p. 88).

Torna-se mais evidente, como já mencionado neste trabalho, que o ensino da Matemática pleiteia novos instrumentos metodológicos que reduzam a distância para o mundo real e as atividades realizadas na escola. Corroborando com o descrito, Valente e Canhete (1993, p. 1) explicitam que no

[...] ensino tradicional verifica-se que a preocupação está na apresentação de conceitos contidos no currículo. Esse enfoque curricular provoca distanciamento entre o que é ensinado e a realidade dos fenômenos físicos, biológicos e sociais em que o aprendiz está inserido. Isso pode ser observado pelo significativo número de pessoas que sentem dificuldades em aprender conceitos de Matemática, Ciência ou Biologia.

Desvela a partir do exposto que as alternativas precisam envolver uma aproximação da realidade dos alunos, atividades que o aluno faça com a própria mão utilizando e criando tecnologias em um viés crítico e reflexivo através de um ambiente inovador de aprendizagem

(BLIKSTEIN, 2016). Dentre os inúmeros caminhos a serem trilhados, destaca-se o uso da robótica, numa perspectiva educacional. Nestes termos, a próxima seção abordará a RE a partir da plataforma Arduino com enfoque na mobilização de conhecimentos matemáticos.

2.3 Robótica Educacional com Arduino: ambiente para desenvolvimento de aprendizagens Matemáticas

O avanço da tecnologia no século XIX repercutiu também na literatura, começavam a surgir os seres robóticos, conhecidos como autômatos. Em 1921, o tcheco *Karel Capek*, escreve uma peça teatral chamada Robôs Universais de Rossum (RUR) e utiliza, pela primeira vez, o termo robô, que traduzido para o português pode significar trabalho escravo ou forçado. Na trama, os robôs são criados em fábricas para substituir os humanos no trabalho, possuindo esqueleto, pele e consciência própria, distinguindo apenas por não terem uma alma.

Constitui-se então que os robôs nasceram como versões mecanizadas dos corpos humanos, daí uma concepção até hoje de que robôs precisam, obrigatoriamente, ter as mesmas estruturas dos seres humanos, neste ponto, Santos (2008, p. 1) explica que

O que temos percebido é que as pessoas relacionam a robótica ao que vêm no cinema e esta percepção faz com que acreditem que a robótica será de grande utilidade num futuro distante. Ledo engano. A robótica está presente em nossos lares e cada um de nós tem vários robôs em casa. O grande problema é que em nossa formação regular, não fomos apresentados a uma disciplina que nos contemplasse com o conhecimento básico que nos permitisse reconhecer e aproveitar melhor o que um robô pode proporcionar.

Em princípios gerais, um robô pode ser entendido como uma máquina capaz de realizar atividades de forma autônoma, no mundo físico ou digital, reconhecendo, sentindo e manipulando o espaço onde está localizado.

Criado, na década de 1940, pelo neurofisiologista Willian Gray Walter, os primeiros robôs foram chamados de tartarugas, possuindo sensores de luz e contato e uma bateria. As funções dos robôs propostos por Walter era apenas desviar de obstáculos e seguir uma fonte de luz. O neurofisiologista acreditava que "os organismos com sistemas nervosos simples também poderiam mostrar comportamentos complexos e resolveu aplicar a teoria na construção de seus 'filhos robóticos'"⁵. Campos (2005, p. 29) relata que

Os robôs tartaruga eram capazes de 'fototropismo positivo', porque poderiam encontrar o caminho para uma estação de recarga quando estivessem com a bateria fraca. Em uma experiência colocou uma luz no 'nariz' de uma tartaruga e observou

⁵ Retirada do sítio <https://jornal.usp.br/tecnologia/as-tartarugas-que-abriram-as-portas-para-a-robotica/>

enquanto o robô se observava no espelho. Em 1950 e 1951 publicou textos que relatavam as experiências com estes robôs, os quais eram compostos de circuitos eletrônicos simples, dois motores, uma célula fotoelétrica e um sensor de toque.

Inspirado na abordagem de Walter e considerando as limitações tecnológicas, Papert cria tartarugas mecânicas "que tinha uma caneta em seu corpo e ficava no solo sobre um papel" (GONÇALVES, 2007, p. 22). Tece agora a criação da linguagem *LOGO*, que foi ganhando complementos, principalmente a partir da década de 1980. A conexão do artefato que Papert tinha criado era por meio cabos instalados diretamente com o computador e, utilizando a linguagem de programação, o robô era instruído a realizar movimentos, destarte os componentes eram ligados

por um longo ‘cabo umbilical’. Esta linguagem de programação utilizou as ideias de Walter e implementou, entre outras características, comandos que tinham o controle dos movimentos das tartarugas. Por exemplo, pelo computador poderíamos ‘dizer’ ao objeto mover para frente, para trás, direita ou esquerda (CAMPOS, 2005, p. 32).

Este ponto marca o berço da robótica com fins estritamente educacionais, chamada de robótica pedagógica (GOMES, 2010; MORAES, 2010), robótica educativa (RIBEIRO; COUTINHO; COSTA, 2011; CORRENTE, 2020) ou robótica educacional (BARBOSA, 2011; SILVA, 2018; ANDRADE, 2018). Neste trabalho será utilizado a terminologia Robótica Educacional (RE).

Com os alunos imergidos em um mundo tecnológico, onde novas competências são exigidas para atuarem em contextos dinâmicos e com mudanças abruptas, é necessário garantir que tenham acesso não somente ao conhecimento, mas aos processos de construção de tecnologias, portanto “uma forma de viabilizar o conhecimento científico tecnológico e, ao mesmo tempo estimular a criatividade e a experimentação com um forte apelo lúdico, pode ser proporcionada através da robótica educativa” (BENITTI *et al.*, 2009, p. 1811). Corroborando, Quintanha (2008, p. 12), ao abordar o uso do robô, afirma que é um convite aos “professores e alunos a ensinar/aprender/descobrir/inventar em processos coletivos, capazes de conectar abstração e mundo concreto”.

A RE acontece a partir de ações pedagógicas interdisciplinares que incorporam experiências de aprendizagens a partir do planejamento, montagem e programação de robôs. Alguns autores a abordam como ambiente de aprendizagem (CHELLA, 2002; CAMPOS, 2005; SILVA, 2009; ROCHA, 2006; MALIUK, 2009; BARBOSA, 2011). Clarificando o significado de robótica e a sua teia de interações com outros campos de conhecimento, César e Bonilla (2007, p. 240), aduzem que a:

Robótica é a ciência dos sistemas que interagem com o mundo real com ou sem intervenção dos humanos. Ela está em expansão e é considerada multidisciplinar, pois nela é aplicado o conhecimento de Microeletrônica (peças eletrônicas do robô), Engenharia Mecânica (projeto de peças mecânicas do robô), física cinemática (movimento do robô), Matemática (operações quantitativas), Inteligência Artificial e outras ciências.

A aplicabilidade da robótica no âmbito das suas características expõe os múltiplos caminhos no contexto escolar, criando novas referências metodológicas amplificadoras da aprendizagem. Qualifica-se que as estruturas tradicionais são rompidas e novas relações emergem, alterando o *modus operandi* na escola, como descreve Blikstein (2016, p. 850), ao relatar um trabalho usando a robótica em escolas públicas de São Paulo,

Evidentemente, esse tipo de abordagem diverge da mentalidade predominante na maioria das escolas, e, de fato, essa pedagogia gerou ansiedade em alguns professores. Em discussões com eles, identifiquei algumas teorias e modelos mentais que contradiziam a abordagem da oficina: “Você deveria focar em apenas uma coisa”, “as crianças vão quebrar o equipamento”, “sem um plano específico, eles não farão nada”, “demos a alguns alunos a chance de participar e eles não estão trabalhando como esperávamos” e “as crianças só estão se divertindo”. O status epistemológico dos comentários dos professores é revelador. Não apenas é compatível com os paradigmas da escola tradicional, mas também com a maneira como os pais veem a escola.

Neste ponto é claro observar que existe uma nova atmosfera, um ambiente em que os alunos podem concretizar suas ideias e projetos tendo empenho e motivação própria a partir da sua própria voz (BLIKSTEIN, 2016). Portanto, direciona-se a RE para um espaço ou momento em que as aprendizagens se constroem de forma pessoal e coletiva, nesse contato com os componentes robóticos, superando o caráter de montar peças e orientando novos papéis assumidos pelos alunos e professores (ROCHA, 2006).

Concatenando com o exposto, Chella (2002, p. 51) descreve a RE como “Ambiente de Robótica Educacional (ARE) sendo constituído de aplicativos e pelo hardware”. Na mesma linha, Campos (2005) afirma que a RE é utilizada para designar ambientes de aprendizagem permitindo a montagem de objetos controlados por linguagem de programação. Já Oliveira (2007) ressalta as características pedagógicas da robótica, ressaltando atividade de montagem e programação de robôs, permitindo aos alunos vivenciar e explorar aprendizagens. Decerto, a RE promove um ambiente diferenciado de aprendizagem que conecta diferentes áreas do conhecimento entre si e entre o mundo real.

Maliuk (2009) caracteriza a RE como ambiente de aprendizagem e destaca dois enfoques encontrados na elaboração de espaços que utilizam dispositivos robóticos. O primeiro

diz respeito à utilização dos robôs com características estritamente técnico industriais, sendo mais comum encontrar em cursos técnicos. A segunda concepção, a que rege este trabalho, trata da criação de ambientes de aprendizagem baseados em robótica nas escolas, tem como escopo "proporcionar a construção do conhecimento matemático, perpassando por diferentes áreas científicas" (MALIUK, 2009, p. 36).

Tron (2018, p. 23) manifesta que a Robótica agora vivencia um novo cenário, definindo como Robótica 2.0, agregando em sua concepção

[...] uma fundamentação pedagógica muito mais profunda, a utilização de matéria *open source* e o desenvolvimento de uma robótica aplicada, que realmente se some aos conhecimentos já adquiridos e que seja capaz de empoderar o indivíduo na construção de soluções próprias, segundo um pensamento crítico sobre sua própria ótica e maneira de ver o mundo, em outras palavras, a cultura *Maker*.

Do fragmento acima, avulta-se dois termos: *maker* e *open source*. O primeiro, também chamado de cultura ou movimento *maker*, é desenvolvido em espaços apropriados que estão associados ao fazer com as próprias mãos ou faça você mesmo. Os aprendizes podem construir objetos sendo proativos e exercendo a sua criatividade durante o projeto. Silveira (2016, p. 131) incorpora que o "movimento *maker* é uma extensão tecnológica da cultura do 'faça você mesmo', que estimula as pessoas comuns a construírem, modificarem, consertarem e fabricarem os próprios objetos, com as próprias mãos". Já Raabe *et al.* (2018), sem perder a sinergia, o caracteriza como abordagem construcionista, que tem por base a realização de projetos práticos apostando no protagonismo do estudante através da experimentação.

Este movimento configura-se como alternativa às metodologias tradicionais, fazendo com que os alunos aprendam conceitos STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* – Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) através do desenvolvimento de projetos, sendo ativos e engajados tanto na experiência escolar como em atividades que tem como foco a tecnologia (VALENTE; BLIKSTEIN, 2019).

A abordagem *open source* ou código aberto diz respeito a softwares que permitem que qualquer pessoa possa alterar o seu código e fazer a distribuição. Como exemplos podem ser citado os sistemas operacionais *Linux* e *Android*. No âmbito da robótica existem as duas vertentes, *open source* e código fonte fechado.

A realização das atividades utilizando a robótica acontecem por meio de kits, assim, de acordo com Souza, Santos e Castro (2021), torna-se necessário levar em consideração os objetivos do projeto, custo, hardware, peças, componentes eletrônicos e mecânicos que serão usados pelos estudantes. O fator custo é evidenciado pelos autores ao considerar que, no Brasil,

a aquisição de kits ainda é muito cara, indicando como alternativa o uso de plataformas *open source*.

Neste ínterim, emergem os conceitos de robótica educacional livre (REL), às vezes denominada apenas robótica livre, associando à ideia de plataformas de código aberto com atividades de livre criação. Ribeiro (2017) principia que a REL utiliza de soluções e atividades que envolve a criação livre, produzindo artefatos robóticos autômatos ou não, tendo como materiais sucatas de equipamentos eletrônicos e software livre. Nisto, o cerne dessa proposta é a “busca por soluções próprias e a utilização de Softwares Livre como elementos basilares, tanto na construção de artefatos robóticos programáveis e/ou não programáveis, como na promoção da emancipação sociodigital” (*Ibidem*, 2017, p. 52).

Consubstanciando com o apresentado, Souza, Santos e Castro (2021) acrescentam que os defensores dessa perspectiva não compactuam com as soluções prontas das grandes empresas, optando por criar e compartilhar suas experiências em comunidade. O compartilhamento livre dessas informações promove alternativas, principalmente aquelas de baixo custo, aumentando o acesso aos recursos e potencialidades que a RE oferece. Noutro ponto, destaca-se o engessamento da RE que acontece por meio de kits padronizados, César (2013, p. 55) discorre que

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

Assim, a significação de todo processo, com todos os elos que envolve uma nova postura, o engajamento, a colaboração, a reflexão, são contaminados por atividades padronizadas com objetivos e objetos predeterminados, muitas vezes com espaço restrito para a criação e criatividade. Por assim ser, entende-se que a RE tem “mais que a construção de robôs e sua programação, mas uma nova forma de relacionar conhecimento científico no desenvolvimento humano, uma rica possibilidade de construção e implementação de ideias” (BARBOSA, 2016, p. 277).

Uma das convergências da RE está para a resolução de problemas, na qual Romanatto (2012, p. 303) aponta que

[...] os estudantes vão exercitar [no âmbito da resolução] as suas mais diversas capacidades intelectuais como também mobilizar estratégias das mais diversas

naturezas para encontrar a resposta, tais como: criatividade, intuição, imaginação, iniciativa, autonomia, liberdade, estabelecimento de conexões, experimentação, tentativa e erro, utilização de problemas conhecidos, interpretação dos resultados, etc. Enfim, é o que a Matemática pode fazer pelo estudante e não o contrário. [Destaque do autor]

Destarte, a RE proporciona um ambiente que amplia o desenvolvimento de diversas competências, favorecendo situações de aprendizagens através da resolução de problemas transdisciplinares (CÉSAR; BONILLA, 2007), com abordagem interdisciplinar (SOUSA, 2019) e multidisciplinar (RIBEIRO, 2006). Para tanto, diferentes componentes curriculares podem estar envolvidos, como Matemática, Física, Artes, Língua Portuguesa e Inglesa, além de temas da Informática e eletrônica. Todos os pontos estão alinhados ao que a BNCC apregoa, pois, a RE oportuniza o uso e a criação de tecnologias utilizando diferentes linguagens de forma crítica, criativa e reflexiva (BRASIL, 2018). Desta forma, os alunos são direcionados ao papel de protagonista no processo de ensino, tecendo novas relações na sala de aula, ao passo que o mundo real começa a ser tecido e os conteúdos ganham significados.

Pode ser observado que a RE, até pela sua gênese com Seymour Papert, dispõe de um arcabouço sortido para trabalhar situações matemáticas, desenvolvendo, por exemplo, o Pensamento Computacional. Neste aspecto, o rompimento de alguns paradigmas – como a ideia de que há “pessoas inteligentes” e “pessoas burras”, “pessoas boas em matemática” e “pessoas que não sabem matemática” e sua construção no seio social acontecendo a partir de um conjunto de aptidões pré-instaladas (PAPERT, 1980, p. 43) – é essencial para que as mudanças alcancem, de fato, a sala de aula com atividades significativas e contextualizadas.

A robótica é uma área relativamente nova e sua relação com a Matemática existe desde sua constituição. No Brasil, diversas pesquisas foram realizadas utilizando a RE como ambiente ou ferramenta para trabalhar conceitos matemáticos, construindo assim uma base para a implementação de atividades alinhadas aos novos currículos. Por assim ser, serão apresentadas algumas pesquisas que versam sobre o ensino da matemática a partir de atividades que envolvem a RE, considerando a mobilização de conhecimentos seja predeterminada ou aqueles que emergem durante as atividades.

Barbosa (2011) desenvolveu uma pesquisa de dissertação utilizando a REL a partir de kits robóticos da LEGO®. Os alunos, em uma das atividades matemáticas, estudaram a mecânica da catapulta. O autor afirma que as atividades conseguiram fazer relação com conhecimentos, principalmente de Matemática, fazendo-a emergir aos poucos, neste caso, a Geometria e equações do segundo grau. O trabalho também utilizou sucata, avaliando que amplia possibilidades, indicando que os kits padronizados podem gerar limitações.

Voltado para o ensino de números racionais, utilizando o material da Zoom e kit Lego®, Rodrigues (2015) elaborou, implementou e avaliou uma sequência didática com o uso da robótica com turmas de 6º, 7º, 8º e 9º ano do Ensino Fundamental. As atividades dividiam-se em construir e programar um robô e responder situações problema propostas pelo professor. Rodrigues (2015) afirma que os alunos perceberam a coerência entre teoria e prática e como tomar decisões no dia a dia a partir do que foi aprendido na sala de aula, outro ponto foi a percepção que o aprendizado com os erros pode ser utilizado para serem autores do próprio conhecimento. O trabalho teve como premissa a associação de conceitos dos números racionais e a metodologia de ensino Lego® na qual foi percebido que aprendizes tiveram mais facilidade para trabalhar em equipe, assim "os alunos discutiam constantemente sobre os elementos da montagem que exigiam minuciosa análise e ajudavam-se mutuamente em constante troca de experiência e aprendizagem" (RODRIGUES, 2015, p. 83).

O erro como estratégia para solução de problemas utilizando a robótica (kit Lego®) no ensino de matemática é também destacado por Martins (2012). Considerando o erro como parte integrante da Educação Matemática (ALRO; SKOVSMOSE, 2006) e que deve ser transformado em um problema, diálogo ou situação de aprendizagem, como afirma Macedo (1990), insere-se que a RE tem um papel privilegiado para que tais ideias se corporizem. Durante a montagem de protótipos ou na programação, é necessário inúmeras tentativas até o êxito. Por conseguinte, o erro tornou-se um personagem fundamental neste trabalho, uma vez que durante as atividades os alunos tendem adotar diferentes estratégias, "desde o recurso a experiências passadas e conhecimentos já adquiridos, à formulação e teste de conjecturas e, principalmente, por tentativa e erro" (OLIVEIRA, 2007, p.8).

Martins (2012) ainda discorre sobre o desenvolvimento do trabalho colaborativo e um maior engajamento dos alunos nos estudos da Matemática, no entanto, de acordo com os dados apresentados, a aprendizagem dos alunos, bem como de outros recursos, não está garantida, "pois muitos alunos apresentaram dificuldades em resolver alguns desafios propostos" (MARTINS, 2012, p. 131). Tal fato, reforça a fala de Silva (2009), quando argumenta que o uso da robótica exige um planejamento cuidadoso de todos os momentos do processo, sendo necessário levar em conta variados fatores.

Buscando identificar os conceitos matemáticos mobilizados no projeto realizado na pesquisa de dissertação, a professora utilizou-se dos registros dos alunos a partir de questionários propostos. Nas respostas dos estudantes surgiram expressões como "Contar as vigas para saber o tamanho?", "comprimento", "Cálculo para não deixar torto", "números de buracos" (MARTINS, 2012, p. 78). Uma das observações foi a que parte dos alunos estavam

visualizando a matemática apenas quando algum valor numérico aparecia na prática da RE, todavia alguns dos discentes apresentaram outros conceitos, como paralelismo e medidas (MARTINS, 2012). A autora aqui descreve uma ferramenta importante para identificação de conhecimentos matemáticos, o registro dos alunos orientado por questionário, visando obter a visão dos alunos sobre os conteúdos que são abordados.

Zilio (2020) propõe-se a investigar as potencialidades da associação entre a RE e a aprendizagem significativa de conceitos matemáticos com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. A autora apresenta a RE como ferramenta pedagógica, destacando que, quando planejada, pode potencializar o aprendizado em matemática, engajando de forma lúdica e significando os conceitos (ZILIO, 2020).

Na mesma conversão, Zilli (2004) reforça a necessidade de um planejamento e a maneira como a robótica deverá ser trabalhada na escola, como disciplina ou atividade extracurricular. Considerando a segunda alternativa, a autora insere que, desta forma, a implementação torna-se mais fácil na escola, garantindo que apenas os estudantes que tenham interesse participem. Outro ponto destacado é a necessidade de uma carga horária semanal, com aulas de perfazendo um tempo de, no mínimo, 2 horas e no contraturno das aulas regulares dando liberdade para que os alunos realizem os experimentos que acharem necessários. Indica-se, portanto, a necessidade de um cronograma semanal com planejamento objetivo respeitando a filosofia da escola.

O trabalho com RE nem sempre logrará êxito. Na dissertação de Barbosa (2019) foi utilizado um Kit Lego® para abordar métodos de solução do cubo de Rubik, contudo, o autor aponta problemas referentes a falta de conhecimentos técnicos para desenvolver uma programação mais avançada, o que dificultou transpor a lógica de resolução do cubo e interpretar para transmitir para as crianças em uma linguagem mais fácil. Tal dificuldade também foi apontada por Rodrigues (2015), informando que para avançar em outros projetos de robótica os alunos deveriam ter mais conhecimentos sobre programação, o que demandaria mais tempo. Os pontos levantados, permitem indicar a necessidade de atividades predecessoras de lógica matemática e conceitos básicos de programação a fim de obtenção de sucesso nas propostas de RE.

É entendido que, em trabalhos que os alunos possam ter a liberdade para criar protótipos para solução de problemas particulares do seu meio social, é necessário que tenham as ferramentas lógicas para pensar o programa e o conhecimento da linguagem de programação. Em um outro diagrama, levando em conta que “ainda são poucas as iniciativas de investimento em robótica nas escolas públicas tanto para a aquisição dos equipamentos, como também de

preparação dos professores para o uso dos mesmos” (SANTOS; SOUZA; CASTRO, 2022, p. 5), é necessário pensar que os kits de robótica tem um custo e necessitam de um certo cuidado durante a manipulação. Neste ponto, uma das alternativas, principalmente para introdução de conceitos ou até mesmo para a montagem de protótipos, antes de partir para os artefatos físicos, seriam os simuladores virtuais, na qual reproduzem ambientes e robôs com seus componentes (SANTOS; SOUZA; CASTRO, 2022).

Medeiros Neto (2017) apresenta um protótipo de robô, dito de baixo custo, integrado a uma placa de Arduino como ferramenta adicional ao Ensino de Matemática. A partir de uma situação problema que envolveu segmentos de retas e circunferências, foi proposto a construção e a programação de um robô para realizar atividades específicas, como o desenho de uma circunferência de raio R . O autor afirma que a atividade trouxe para a prática alguns conteúdos matemáticos que, na maioria das vezes, estavam deslocados da realidade do aluno. Observa-se que muitos conceitos matemáticos estão desconectados da realidade dos alunos, sendo inúteis para o seu cotidiano, ao tempo que a RE foi capaz de fazer associações e mostrar a importância da Matemática.

Em busca da compreensão de como abordar ângulos e proporcionalidade por meio de um trabalho colaborativo, Zignago (2020) utiliza a RE, a partir de kits da Lego® (r), como suporte. Os resultados da pesquisa apontaram que a RE pode auxiliar o professor na criação de projetos e situações de aprendizagem que englobam a colaboração na aprendizagem de conceitos matemáticos. Pela ausência de um componente curricular específico ou delimitações nos currículos a robótica ainda precisa ser planejada em torno de um projeto, devendo ser construída coletivamente.

Noutra parte do trabalho de Zignago (2020), as situações empreendidas pelos alunos fizeram conflitarem entre os cálculos no papel (para calcular a distância percorrida a partir de uma quantidade de giros da roda) e a execução do robô, fazendo com que percebessem que no ambiente real variáveis deveriam ser consideradas. Durante as atividades, a professora aplicava situações problema e depois os alunos precisavam fazer os testes utilizando os robôs. Em uma delas, os alunos deveriam, a partir do comprimento da circunferência de uma roda, determinar quantos centímetros um carro poderia percorrer se a roda realizasse três rotações completas, o cálculo foi rápido. Em seguida, os alunos deveriam utilizar o robô para validar as informações, encontrando valores diferentes dos cálculos. A partir de uma análise foi percebido que algumas variáveis interferiram para que a distância percorrida não fosse a mesma do cálculo, como a bateria fraca e a poeira que interferia no atrito dos pneus com o chão.

A autora destaca que os estudantes, apesar das evidências das medições, continuam a acreditar que os valores deveriam ser proporcionais. Noutro ponto, Zignago (2020, p. 80) acrescenta que um dos potenciais da RE é de

[...]ser uma estratégia de aprendizagem alternativa à matemática tradicionalmente trabalhada na sala de aula. Caso esse problema fosse proposto pelo livro didático a resposta seria o triplo, mas em um contexto real, experimental, outras variáveis vieram à tona, enriquecendo o debate e proporcionando aos alunos reflexões que só foram possíveis devido ao trabalho prático com a robótica.

A argumentação erguida concatena com as necessidades atuais da Educação, onde a experimentação deve fazer parte da vida escolar, em que os números, operações, conceitos e demais elementos da matemática não devem ser apresentados dissociados do mundo dos alunos. Por este fio, é percebido que a configuração encontrada na maioria das pesquisas, funda-se a partir de problemas prontos e delimitados no laboratório sala de aula. Todavia, é importante, em um movimento de inserção dos estudantes na esteira do protagonismo, capaz de impactar a sua comunidade, fazer com que eles identifiquem o problema e, através dos instrumentos da RE, criem protótipos que podem ser transformados em produtos finais para a solução das demandas.

Práticas como as apresentadas até aqui, suplantam o modelo das salas de aulas, com carteiras enfileiradas, fixas e o aluno posicionado como uma antena receptora dos sinais provindos do professor, incorporando movimentos, aparentemente desordenados, onde os estudantes se levantam, medem, trocam ideias com os demais em um ambiente livre e aberto ao novo. O professor passa a ter um papel ativo, o de *designer* de caminhos, tornando-se um gestor e orientador de caminhos coletivos e individuais, previsíveis e imprevisíveis, em uma construção empreendedora, criativa e mais aberta (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015).

O progresso se dá em conjunto e individual, onde o erro é algo comum e superável, fazendo com que as construções empreendidas gerem um produto que pode ser "mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado. Ele está fora" (PAPERT, 2008, p. 137). Na mesma perspectiva, Cambuzzi e Souza (2013, p. 42) explicam que o objetivo principal da robótica é “estimular os alunos a trabalharem colaborativamente na montagem de mecanismos e na programação de ações para o funcionamento de seu sistema, priorizando a socialização, o trabalho em equipe e o aprendizado que reúne ciência e tecnologia”. O aluno não recebe unidirecionalmente uma informação do professor e constrói mentalmente, aqui ele também

materializa e pode tocar o que antes era abstrato, literalmente sentir a Matemática por suas próprias mãos.

A RE sobressai e não se limita a conceitos matemáticos ou ao lúdico, outras competências são necessárias, pois o ambiente construído exige tal. Por esses indícios, caminha-se para uma educação inovadora, onde o foco está na

[...] mudança das pessoas e na criação de um ambiente que permita a participação dos atores envolvidos, para que conheçam o processo e possam contribuir com ele. Além de estimularem a colaboração, eles adquirem a sensação de pertencimento e de autoria, que visa colocá-los no centro do processo de aprendizagem (GARFALO; BACICH, 2020, p. 297).

Além dessas potencialidades, a RE pode ser abordada buscando a solução de problemas reais e regionais, sem deixar de lado o caráter escolar, centelhas estas, incorporadas ao longo deste trabalho. Nisto Santos (2016), associando kits da Lego® às relações métricas do triângulo retângulo propõe a partir de problemas-tema⁶ ensinar matemática. Os problemas elaborados pelo autor são: a) pecuária na Amazônia - a ideia foi construir um robô que conseguisse se movimentar em uma fazenda a fim de levar alimentos para os animais; b) a harpia da Amazônia - aqui seria simulado um robô de vigilância para combater possíveis equipes de caça; c) O serpentário - o modelo robótico representaria uma serpente se locomovendo, o intuito seria estudar os hábitos de deslocamentos e reprodução de serpentes, buscando a coleta de dados científicos.

Santos (2016, p. 102) afirma que "houve uma significativa melhoria no domínio dos estudantes no que diz respeito à visualização e aplicação das propriedades das figuras geométricas", a partir da prática da RE, havendo também bons resultados quanto ao desenvolvimento e aplicação do raciocínio dedutivo. Apesar do autor apresentar uma contextualização dos problemas, não há indicações de momentos de reflexão sobre a atividade e sobre os objetivos e exclusão dos alunos no processo de construção das temáticas trabalhadas, uma vez que “aprender na era digital pressupõe um sujeito autônomo, conectivo, criativo, crítico, interativo e reflexivo perante as decisões que necessita tomar ao navegar pela rede” (SHELLER; VIALI; LAHM, 2014, p.9).

Na configuração clarificada, a RE precisa estar conectada não somente com o conteúdo curricular, não basta somente mobilizar conceitos matemáticos predeterminados ou não. Ela

⁶ Problema-tema é um roteiro contextualizado de atividades de ensino e aprendizagem, onde a partir do tema definido foram desenvolvidas as proposições de atividades práticas com Robótica Educacional e os problemas matemáticos sobre os conteúdos das Relações Métricas do Triângulo Retângulo (SANTOS, 2016, p. 56).

precisa possibilitar aos alunos pontos de relacionamento com as questões que permeiam a esteira social hodierna ao mesmo tempo que é necessário respeitar as condições, principalmente as estruturais, das escolas brasileiras. Busca-se então, propostas que proporcionem o acesso a todos em uma nova geografia dos espaços e momentos de aprendizagem.

Tais argumentos são materializados no trabalho de Paulo Blikstein intitulado “Viagens em Tróia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação”, em que apresenta um conjunto de atividades com robótica realizadas em uma escola de Heliópolis (Favela de São Paulo). O cerne do trabalho é a discussão de um modelo de implementação considerando a identificação de tema gerador relevante para a comunidade, introdução de novas tecnologias a partir da cultura e da experiência tecnológica da comunidade, utilização da abordagem de mídia mista, em alta e baixa tecnologia e deslocar certos protocolos comportamentais e sociais taxados de normais nas escolas (BLIKSTEIN, 2016).

Pontua-se na pesquisa que o uso de temas geradores predeterminados configurou a sensação de não pertencimento, uma vez que a realidade contradiz as ideias propostas pelo professor, sendo, portanto, necessário conhecer a realidade dos alunos e construir coletivamente os temas geradores. O autor explica que:

O tema gerador escolhido para a primeira oficina foi a economia de energia, já que, em 2001, o Brasil experimentava uma grande crise na geração de energia elétrica. Os alunos poderiam trabalhar em projetos próximos à sua realidade, construindo medidores de energia, dispositivos para economizar eletricidade, aquecedores de água mais eficientes etc. Mas, no primeiro dia da oficina, o plano fracassou: um dos alunos informou que a maioria das casas de Heliópolis tinha conexões elétricas ilegais (os chamados gatos) e que, portanto, não tinha nem medidores, nem contas de luz. [...] Os transformadores, sobrecarregados, muitas vezes se incendiavam, ocasionando acidentes desastrosos. Surpreendentemente, para a maioria das famílias de Heliópolis, a crise energética não era um problema de economia de energia, mas de segurança. [...] Essa experiência ressalta o significado da negociação local, em tempo real, para escolher temas geradores autênticos, que sejam de fato relevantes para os alunos. [...] **Meu esforço para encontrar um tema relevante foi infrutífero porque, na verdade, eu não conhecia a realidade daquela população** (BLIKSTEIN, 2016, p. 842-843). [Grifo do autor]

A manifestação aqui reforça a ideia da robótica desprendida das limitações impostas se for executada em virtude somente da visualização de conceitos de alguma ciência. A utilização de kits da Lego® foi importante, mas a introdução de sucatas eletrônicas para reuso ampliou e trouxe novas perspectivas, algo comum na realidade dos alunos, possibilitando o que foi chamado de deslocamento. Essa percepção por parte do professor, ascendeu novas ideias, permitindo o desenvolvimento de uma placa de robótica de baixo custo livre. A valorização do

outro uso, antes chamada de gambiarra, ganhou destaque e deu liberdade aos alunos – era algo comum. O autor explica que:

A abordagem pedagógica baseada no “outro uso” foi tão bem-sucedida que, em outras oficinas, abandonamos de vez os kits Lego®. Os participantes eram convidados a desmontar equipamentos quebrados e sucata eletrônica e integrá-los nos seus projetos. Mais do que isso, providenciei kits baratos de ferramentas e componentes eletrônicos simples, comprados ou achados localmente, além de componentes mecânicos, e desenvolvemos uma placa de robótica de baixo custo e de código aberto, a GoGo Board, que os próprios alunos podiam montar. A introdução da sucata no projeto foi outro exemplo de deslocamento: partimos de um modo de trabalho familiar (o uso de sucata eletrônica), mas agregamos novos elementos (robótica, motores, sensores e computadores), de forma a fazer com que os alunos se apropriassem de novos instrumentos e trabalhassem de novas maneiras. A prática local de dar “outro uso” aos materiais não era valorizada fora da comunidade (BLIKSTEIN, 2016, p. 845).

Algumas ideias propostas, identificadas no trecho acima, são substanciais quando se pensa nas estruturas das escolas brasileiras, com aportes financeiros provindos do Estado muitas vezes não conseguem ofertar nada muito além de materiais concretos não digitais para os professores e professores. Considerando a RE como proposta para efetivar o currículo proposto pela BNCC em confronto com as dificuldades elencadas, opções de baixo custo e reuso são alternativas, já que o valor de kits como da Lego® estão fora da realidade financeira da maioria das escolas.

Além das opções de baixo custo, a utilização de simuladores é um caminho para contornar a falta de recursos materiais, principalmente para a introdução de conceitos. Viu-se um maior uso desses simuladores a partir da pandemia ocasionada pelo coronavírus em que, para contornar os desafios impostos, muitas escolas adotaram o ensino remoto com apoio ou não de tecnologias digitais e no caso da RE, foi necessário, por exemplo, o uso de simuladores digitais e ambientes virtuais de aprendizagem. As atividades presenciais retornando, mesmo que paulatinamente, a prática da robótica pode acontecer presencialmente.

A de concordar, pelo exposto, que as aplicações em robótica contribuem significativamente para o ensino da matemática, refletindo mudanças na vida dos estudantes. Posteriori, de acordo com a pesquisa de Silva, Santos e Castro (2021, p. 267), é descrito que:

[...] independente dos Kits de Robótica serem proprietários ou de código aberto, os resultados para o ensino de Matemática foram satisfatórios, pois propiciaram experiências concretas entre teoria e prática, contribuindo para o protagonismo dos estudantes. Verifica-se o potencial de trabalhar a Robótica com outras áreas de conhecimento, de forma interdisciplinar ou transdisciplinar. A exploração do potencial da Robótica e a escolha dos Kits vai depender da forma como o professor modela, planeja e conduz as aulas, podendo proporcionar ainda mudanças sociais na vida dos estudantes.

Partindo dos pressupostos já elencados, a introdução das tecnologias, como a robótica, conduz a experiências significativas, assim, na Matemática “os alunos podem utilizar os recursos digitais para representar graficamente, processar e transformar dados, visualizar conceitos e aprofundar conteúdos, para tanto precisa conhecer, compreender e apropriar-se a partir do acesso” (SALES *et al.*, 2017, p. 541). Assim sendo, a maior parte do tempo do professor na sala de aula deve ser usufruído para atividades tipicamente reconstrutivas, nas quais sob sua orientação “os alunos construirão autonomia, manejando os métodos científicos e passam a lidar com conteúdo com criatividade” (DEMO, 2001, p.86).

Na discussão de kits de robótica numa perspectiva *open source* ou livres, destaca-se o Arduino, que permite relacionar programação, eletrônica e as Ciências Exatas. Neste escopo, o Arduino é:

[...] uma placa eletrônica de prototipagem com microcontrolador utilizada para criar projetos variados de forma independente. O Arduino é um conjunto de hardware e software livre, ou seja, pode ser reproduzido e alterado sem problemas, a única observação que deve ser feita é que o nome Arduino é patenteado (VIEGAS, 2016, p. 6).

O Arduino possibilita a criação de uma infinidade de projetos utilizando componentes simples e de baixo custo, sendo um alternativa interessante para a adoção por escolas públicas. Em um sentido mais completo, o Arduino contempla um conjunto de ferramentas e recursos físicos e digitais tendo bastante utilidade para fins pedagógicos, portanto ele é:

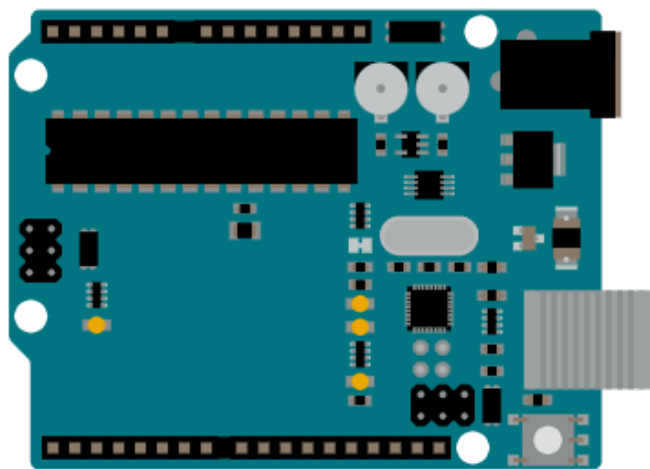
[...] uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-la em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer ao seu quadro o que fazer enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador no quadro. Para isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada na Fiação) e o Software Arduino (IDE) com base no Processamento (ARDUINO, 2022).

Já Banzi e Shilon (2015) definem o Arduino como plataforma de computação física de fonte aberta para criação de projetos interativos independentes ou sendo auxiliados com programas de computadores. Criado em 2005, o objetivo era ter uma opção barata. De acordo com Silva (2021), foi criado com a filosofia *easy-to-use*, ou fácil de usar, nisto “ele foi projetado para artistas, designers e outros profissionais que queiram incorporar a computação física a seus projetos sem que para isso precisem ter se formado em Engenharia Elétrica” (BANZI; SHILON, 2015, p. 17).

McRoberts (2011) completa que a grande vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade no uso, mesmo que as pessoas não sejam da área técnica aprenderá facilmente o básico e a criar projetos próprios em um curto intervalo de tempo.

O Arduino pode ser também compreendido como uma família de placas ou minicomputadores, sendo a mais utilizada a versão Uno R3, vista na figura 1.

Figura 1 – Representação de uma placa de Arduino Uno R3

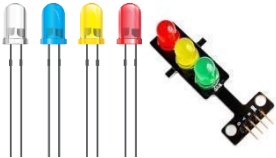


Fonte: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

Vale ressaltar que a realização de projetos envolvendo Arduino envolve um conjunto de componentes, assim, é necessário um kit de robótica, definido por Silva (2021, p. 32) como “variadas peças, como atuadores, controladores, blocos de montagem, sensores, módulos, e dependendo do tipo de kit de robótica, também com peças eletrônicas, como resistor, LED, LDR, transistores, capacitores, entre outras peças eletrônicas”.

Os atuadores são componentes que atuam ou realizam alguma ação, como um servo motor, *buzzer* ou *led*. Os sensores recebem informações do ambiente e enviam para a placa processar, podendo gerar informações de saída. Os termistores, que são semicondutores sensíveis à temperatura, podem ser usados para construir um termômetro. Os sensores LDR ou, em tradução livre - resistor dependente de luz, podem ser utilizados para medir a quantidade de luz de um ambiente ou simplesmente para acionar outro componente de acordo com a alteração de luz. Quando esses componentes vêm acoplados em uma placa de circuitos que permite realizar regulagens são chamados de módulos. No Quadro 2 é apresentado os principais componentes de um kit Arduino.

Quadro 2 – Alguns componentes e módulos da plataforma Arduino

Componente	Descrição
	LDR ou resistor dependente de luz
	Sensores de temperatura. Na sequência: i) termistor NTC analógico; ii) sensor de temperatura digital DHT11; e iii) módulo de sensor de temperatura NTC.
	LED e um módulo semáforo.
	Fios jumper
	Protoboard ou placa de conexão.
	Módulo Bluetooth
	Módulo Wifi.
	Módulo de sensor de água

	Módulo sensor de umidade.
	Motor micro servo. É composto, além do motor, por um conjunto de engrenagens que amplificam consideravelmente a força e que permite o controle da sua posição angular.
	Motor DC, converte a eletricidade em energia mecânica.

Fonte: Autor (2023)

Os projetos podem ser criados utilizando programação por meio de linhas de comando ou por blocos. O programa é criado por um programa chamado Arduino IDE e transferido para a placa por meio do computador. A Figura 2 mostra a interface do ambiente de programação.

Figura 2 – Ambiente de programação Arduino IDE



Fonte: Autor (2023)

É possível observar na Figura 2 a divisão em duas partes, chamadas de função. A primeira, *void setup* (), é executada apenas uma vez, quando o programa começa a rodar, iniciando variáveis, configurando pinos, inicializando bibliotecas (ARDUINO, 2022). A segunda parte, chamada *void loop* (), é executada depois da *void setup* e tem a função de repetir infinitamente enquanto a placa estiver ligada, permitindo o seu programa mudar e reagir a essas mudanças (ARDUINO, 2022). As variáveis podem ser declaradas antes da função *setup*.

Neste trajeto, aplicação para a plataforma de prototipagem Arduino no ensino de Matemática contorna-se como um instrumento apropriado para a sala de aula, possibilitando aos estudantes verificar os “resultados de seus trabalhos fisicamente: *LEDs* acendendo e apagando de acordo com os comandos enviados, e não só por meio da tela de um computador, *tablet* ou *smartphone*” (ANACLETO, 2018, p. 19), no mesmo espaço, trazendo Papert (1980) à luz, o artefato seria responsável por auxiliar os alunos a construírem as estruturas intelectuais internas.

A programação do Arduino coloca o estudante em contato com o mundo, podendo elaborar projetos simples como o de acender um *led* – automatizando ou não – até um projeto mais complexo, como o de um carro que desvia de obstáculos utilizando motores dc e sensores ultrassônicos. Ainda é possível criar um robô que, de acordo com a umidade do solo, possa regular a quantidade de água liberada. Na mesma linha, Freire (1967, p. 104) insere que “nestas relações com a realidade e na realidade, trava o homem uma relação específica — de sujeito para objeto — de que resulta o conhecimento, que expressa pela linguagem”.

O desafio do trabalho com o Arduino é de grande impacto na rotina das aulas de Matemática. Viegas (2016), ao abordar em seu trabalho o Arduino como ferramenta para apoio na solução de problemas matemáticos, cita Cabral (2010, p. 33):

Desenvolver a capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema; Desenvolver habilidades e competências ligadas à lógica, noção espacial, pensamento matemático, trabalho em grupo, organização e planejamento de projetos envolvendo robôs; promover a interdisciplinaridade, favorecendo a integração de conceitos de diversas áreas, tais como: linguagem, matemática, física, ciências, história, geografia, artes, etc.

Concordando, Cury e Hirschmann (2014) complementam que a Matemática auxiliando a construção de robôs desperta a motivação para o aprendizado numa perspectiva multidisciplinar envolvendo não somente ela, mas diversas áreas em conjunto. A disposição empreendida converge para assumir que a utilização do Arduino pode introduzir novas

possibilidades para o ensino da Matemática, fazendo com que os alunos percebam que os conteúdos estudados podem estar presentes em situações reais.

Concatenando, Silva (2019, p. 68), nas considerações finais da sua pesquisa de mestrado, conclui que “o uso do microcontrolador Arduino como recurso didático pode contribuir de maneira relevante para o desenvolvimento do aprendizado e para despertar o interesse do aluno para assuntos considerados, por eles, difíceis e desnecessários”. Emerge agora um ambiente composto por um conjunto de novas possibilidades para o ensino, viabilizando que as competências e habilidades da BNCC estejam embutidas no processo.

É compreendido também que a postura do aluno frente aos desafios erguidos pela nova prática suplante a passividade. Novas conexões mentais e atitudes são exigidas, não em uma atividade causticante, mas em um ambiente colorido pelo novo, onde o Arduino empurra para serem:

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

Observa-se até aqui, que o trabalho com RE utilizando Arduino ou outro kit de robótica, voltados para a mobilização de conceitos matemáticos e estimulando o Pensamento Computacional, sejam predeterminados ou explicitados através de instrumentais metodológicos, em sua maioria não incorpora problemáticas reais e locais. Restringindo os alunos a técnicas e muitas vezes em uma incompletude, pois mobilizam conceitos, mas não aprendem, por exemplo, a programar e depois das atividades retornam à vida normal sem a magia daquele ambiente.

Considerando que:

[...] o sucesso de uma inovação educacional não se dá pelo mero acesso a uma tecnologia, afinal, por si só, ela não pode atuar de maneira direta na mente dos estudantes e não age de maneira direta no processo de aprendizagem. Assim, uma proposta pedagógica apropriada, aliada a um currículo e a um ambiente de aprendizagem adequados são alguns dos importantes fatores que precedem qualquer inovação educacional bem sucedida (CAMPOS, 2019, p. 27).

A RE, enquanto inovação educacional, deve estar em um plano concreto e com objetivos a longo prazo, uma vez que ela pode ser um fator que ajude a explorar o potencial intelectual e criativo nas escolas (BLIKSTEIN, 2011). Potencializar a aprendizagem da Matemática a partir de ambientes que suscitem a investigação, reflexão, crítica e criatividade, em um movimento

de transformação que vai além das práticas ou rotinas escolares, alcançando a comunidade e refletindo no bem comum, é uma tarefa complexa, mas possível. É importante reconhecer que a RE pode, não só ajudar a cumprir diretrizes curriculares, mas mobilizar conhecimentos, muitas vezes implícitos e inúteis, para que os estudantes superem o estado colonial de consumo das tecnologias, e inicie um processo de construção e compreensão dos impactos dos artefatos, sejam digitais ou físicos, na vida das pessoas, buscando viabilidades para que seu uso retorne sempre em progresso social.

A robótica educacional por meio do Arduino unida a Matemática estão correlacionados e têm potencial para criar uma cultura escolar moderna, onde as tecnologias passam de inimigas a essenciais, em um espaço onde tudo pode ser reaproveitado e ganhando um novo valor. Nestes termos, a próxima seção abordará a metodologia deste trabalho.

3 CAMINHOS DA PESQUISA

“Os educadores matemáticos – [...] realizam seus estudos utilizando seus métodos interpretativos e analíticos nas ciências sociais e humanas tendo como perspectivas o desenvolvimento de conhecimentos e por práticas pedagógicas que contribuam para a formação mais integral, humana e crítica do aluno e do professor” (FIORENTINI; LORENZATO, 2006, p.4).

A presente seção discorre sobre a metodologia empreendida no desenvolvimento da investigação. É exposto inicialmente os pressupostos da pesquisa, a abordagem, finalidade, objetivos, sendo qualitativa, aplicada, exploratória, respectivamente. Em relação ao procedimento, utilizar-se-á o estudo de caso, permitindo um detalhamento e ampliação do conhecimento sobre um ou mais objetos.

Os instrumentos de coleta – entrevistas, notas de campo, produções dos alunos, questionários, vídeos e fotografias – possibilitaram munir o pesquisador de informações relevantes para uma posterior análise. A partir dos dados coletados optou-se em utilizar a Análise de Conteúdo (AC) como instrumento de análise, tendo em vista que as informações geradas não serão quantificáveis, possibilitando que as inquietações e questionamentos da pesquisa sejam respondidos.

Para tanto, foi investigado quais os conhecimentos matemáticos são mobilizados em atividades de Robótica Educacional, partindo de problemáticas reais do seu cotidiano até a prototipação da solução utilizando Arduino. A seguir, constitui-se a descrição do processo.

3.1 Pressupostos da pesquisa

Esta investigação tem como ponto basilar a pesquisa qualitativa, uma vez que objetiva investigar as possibilidades didáticas do uso da plataforma Arduino no ensino da Matemática a partir de atividades em um ambiente de aprendizagem de robótica na solução de problemas reais ou imaginários. Rossman e Rallis (1998) discorrem que a pesquisa qualitativa acontece em um cenário natural, sendo emergente, interativa e interpretativa. Emergente, pois durante a investigação diversos aspectos podem surgir, interativa, uma vez que todo o processo envolve uma participação ativa dos sujeitos e, por fim, a interpretativa, tendo os dados dispostos, o pesquisador "filtra os dados através de uma lente pessoal situada em um momento sociopolítico e histórico específico" (CRESWELL, 2007, p. 186).

Para Creswell (2010), a pesquisa qualitativa procura explorar e compreender o significado que os grupos ou indivíduos aplicam a um problema humano ou social. No mesmo

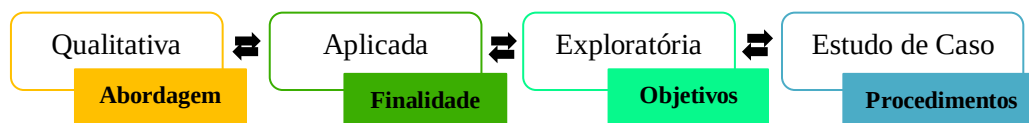
percurso e utilizando o termo investigação qualitativa, Bogdan e Biklen (1994, p. 16), explicam que:

[...] um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham de determinadas características. Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas e de complexo tratamento estatístico.

Destes fatos, o desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem utilizando a robótica busca construir algum tipo de conhecimento sobre a sua associação ao ensino da Matemática, que será reunido pelo pesquisador considerando todos os detalhes envolvidos na atividade. Sobre os objetivos, a presente investigação tem como objetivo realizar uma pesquisa exploratória, que de acordo com Gil (2002, p. 41), seu escopo principal é “o aprimoramento de ideias ou a descoberta de instituições”.

Partindo do pressuposto que esta pesquisa buscou aprofundar o conhecimento sobre as possibilidades de uso prototipação com Arduino no ensino da Matemática, constitui-se então como procedimento de pesquisa o estudo de caso. Gil (2002, p. 54) argumenta que o estudo de caso "consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento". Neste aspecto, considera-se relevante assumir que o pesquisador, a partir do caso já descrito, desvela, de forma sistemática, novos conhecimentos. A Figura 3 detalha os pressupostos que substanciam esta dissertação.

Figura 3 – Detalhamento teórico da metodologia da dissertação



Fonte: Autor (2023)

A partir do discriminado, a próxima subseção descreverá o cronograma e as etapas da pesquisa.

3.2 Cronograma e Etapas da Pesquisa

A pesquisa teve como suporte a realização de um curso dividido em dois módulos. O primeiro aborda conceitos iniciais de programação com simuladores e depois a introdução da plataforma Arduino. O intento é que os alunos consigam solucionar problemas reais através da

prototipação. No módulo II, os estudantes trabalharão conceitos referentes a dados, vies algorítmico, realização de planejamentos e intervenções, através de atividades reflexivas considerando a coleta e análise de dados.

Assim, o curso teve um total de 60 horas/aulas tendo atividades teóricas e práticas, fazendo parte do projeto Descolonizando tecnologias e entrelaçando comunidades, sendo as aulas do módulo I distribuídas de acordo com o quadro .

Quadro 3 - Cronograma de Atividades do Curso de Robótica e IA do módulo I

Encontro	Descrição	horas
Encontro 1	Aplicação de questionários.	2h/a
Encontro 2	Conhecer o projeto Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos; Apresentar a possibilidade da introdução, uso e produção de tecnologias por parte dos alunos; Estruturar a lógica de pensamento a partir de premissas obtendo, assim, conclusões. Identificar um algoritmo no dia a dia; Diferenciar os tipos de representação de algoritmos; Aplicar algoritmos na resolução de problemas.	2h/a
Encontro 3	Identificar os tipos de dados básicos para programação; Utilizar o <i>Tinkercad</i> para praticar a programação com no IDE do Arduino;	2h/a
Encontro 4	Detalhamento das atividades que serão realizadas; Mobilização dos alunos para formação dos grupos de trabalhos; Apresentação dos componentes que serão utilizados; Construção de projetos simples em Arduino: <i>Blink</i> , <i>Led</i> (s), Semáforo.	2h/a
Encontro 5	Construção de projetos simples em Arduino: Sensor LDR, Sensor ultrassônico.	2h/a
Encontro 6	Construção de protótipo para direcionar os estudantes a partir do <i>design thinking</i> ; Roda de conversa para identificar os problemas que a comunidade enfrenta ou enfrentará; Selecionar os problemas que apresentam soluções prototipáveis em Arduino e organização dos grupos.	2h/a
Encontro 7	Discussão e validação dos problemas identificados; Constituição da situação problema; Orientação do professor quanto a necessidade de realizar um planejamento para a formulação da solução; Início da formulação da solução pelas equipes.	2h/a
Encontro 8	Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema.	2h/a
Encontro 9	Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema para.	2h/a
Encontro 10	Intervenção do professor com discussão com os grupos para colher feedback sobre o processo de formulação do protótipo para a feira de Ciências.	2h/a
Encontro 11	Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema para a feira de Ciências.	2h/a
Encontro 12	Finalização dos projetos.	2h/a
Encontro 13	Exposição dos projetos.	2h/a
Encontro 14	Aplicação de questionário eletrônico com os alunos.	2h/a

Encontro	Descrição	horas
Encontro 15	Aplicação das entrevistas . Reflexão sobre os aprendizados	2h/a

Fonte: Autor (2023)

O módulo II teve como temas a Introdução à Inteligência Artificial para reflexão sobre dados. Dados, Inteligência Artificial e Viés Algorítmico (ver quadro 4).

Quadro 4 - Cronograma de Atividades do Curso de Robótica e IA do módulo II

Encontro	Descrição	horas
Encontro 1 - Retomando o Módulo 1	Recordando os nossos feitos e soluções realizados no módulo 1	2h/a
Encontro 2 - Introdução ao módulo 2	Utilizando o Tema: Dados, Inteligência Artificial e Viés Algorítmico, iniciamos uma roda de conversa.	2h/a
Encontro 3 - Programação desplugada	Montamos um algoritmo coletivo, usando as fases do Ciclo Investigativo PPDAC, para refletir e planejar os passos da investigação.	2h/a
Encontro 4 - Problemática	Os estudantes escolheram um problema que envolva o tema: Dados, Inteligência Artificial e Viés Algorítmico, para iniciar uma investigação.	2h/a
Encontro 5 - Planejamento	Os estudantes fizeram planejamento, determinando a população, formulários de coleta, a plataforma com Inteligência Artificial para coleta de dados (Instagram, Facebook, UBER, etc).	2h/a
Encontro 6 - Planejamento Continuação	Os estudantes fizeram planejamento, determinando a população, formulários de coleta (Google Formulários) e a plataforma com Inteligência Artificial para coleta de dados (Instagram).	2h/a
Encontro 7 - Coleta de dados	Os estudantes coletaram os dados nas plataformas escolhidas.	2h/a
Encontro 8 - Análise	Os estudantes analisaram os dados obtidos, por meio de recursos tecnológicos definidos pelos mesmos durante o planejamento.	2h/a
Encontro 9 - Análise Continuação	Os estudantes analisaram os dados obtidos, por meio de recursos tecnológicos definidos pelos mesmos durante o planejamento.	2 h/a
Encontro 10 - Conclusão	Os estudantes fizeram inferências tentando responder a pergunta inicial.	2h/a
Encontro 11 - Divulgação dos Resultados na Escola	Entrega de dados brutos e relatório contendo dashboard com os principais problemas da escola e possíveis soluções	2h/a
Encontro 12 - Elaboração de Artefatos	Os estudantes foram incentivados a construir artefatos que ajudassem a solucionar os problemas enfrentados pela escola, e organizaram campanha educativa para mobilizar os estudantes a preservarem o Liceu de Caucaia.	2h/a
Encontro 13 - Indo além dos muros do PSRE e escola	Divulgação da campanha educativa: Eu cuido de cada cantinho do projeto social e da escola	2h/a

Encontro	Descrição	horas
Encontro 14	Aplicação das entrevistas e formulários.	2h/a
Encontro 15	Celebrando os laços e eternizando momentos. Reflexão sobre os aprendizados	2h/a
Total	---	30h/a

Fonte: Autor (2023)

Para esta investigação foram utilizados somente os dados produzidos no módulo I. Portanto, a fim de possibilitar uma organização dos processos que envolvem a realização da pesquisa, optou-se em dividir o módulo I em etapas, conforme Quadro 3. Segue-se a organização proposta: [1] Recrutamento dos alunos; [2] Curso de Robótica e IA; [3] Identificação e solução de problemas através da prototipagem em Arduino; e [4] Triangulação e análise dos dados. A organização das atividades por meio de um planejamento está disposta no Apêndice A.

Quadro 5 – Etapas da pesquisa

Módulo	Ord.	Etapas	Descrição	Período
Módulo I	1	Recrutamento dos alunos e aplicação de questionários	Seleção dos alunos para participarem do projeto através de processo	2 h
	2	Oficinas de programação e introdução ao Arduino, inicialmente por meio de simuladores	Curso de robótica e IA, iniciando a partir do uso dos simuladores e uso da plataforma Arduino.	10 h
	3	Identificação e solução dos problemas/ apresentação	Identificação dos problemas, prototipagem das soluções e exposição dos projetos	18 h
	4	Triangulação e análise dos dados	Análise dos dados a partir de todos os registros.	02 meses

Fonte: Autor (2023)

A [1] etapa corresponde a uma seleção dos alunos interessados em participar do projeto. Os critérios adotados para seleção dos alunos foram: a) estar matriculado na 1ª série do Ensino Médio no turno manhã; b) ter interesse em participar do projeto se comprometendo a concluir todas as atividades; e c), responder o questionário inicial.

Durante o recrutamento foi disponibilizado um *link* do *Google* Formulários para que os interessados se inscreverem. Ao final do período totalizaram 46 inscrições, distribuídos da seguinte forma: 20 alunos do Ceará, sendo 3 mulheres e 17 homens; 26 alunos no Piauí, sendo 17 homens e 9 mulheres. Desse montante, foram selecionados para a pesquisa adolescentes

entre 14 e 17 anos, totalizando 30 estudantes, 15 de cada estado. No Ceará o grupo era composto por 12 homens e 3 mulheres, já no Piauí a distribuição era de 8 homens e 7 mulheres. Ao final do módulo II, restaram 10 alunos em cada turma, conforme distribuição no quadro 6.

Quadro 6 – Quantitativo de alunos participaram do curso por etapa

	Recrutamento		Módulo i		Módulo ii	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Ceará	12	3	10	2	8	2
Piauí	8	7	6	5	5	5

Fonte: Autor (2023)

As desistências do curso aconteceram pela ausência dos alunos, que acabaram sendo desligados. Os principais motivos foram a não identificação com a proposta e atividades adjacentes que os alunos acabavam desempenhando, como trabalho e atividades dentro da própria escola.

Essa é uma fase importante para firmar o compromisso de participarem de todas as etapas e contribuir para pesquisa, à medida que as atividades com robótica, com um viés matemático implícito, também trarão contributos aos alunos. A fim de conhecer melhor o contexto dos alunos selecionados, todos responderam um questionário *online* (Apêndice B). O questionário aplicado a partir do *Google Forms*, permitiu visualizar como os alunos concebem alguns conceitos.

Pretendendo criar uma identidade para as atividades propostas, foi decidido que o grupo local tivesse uma denominação, optou-se então por Projeto de Robótica Educacional com Arduino ou Projeto REAR, que estaria vinculado ao Decolonizando Tecnologias. A intenção possibilitou o fortalecimento do vínculo e ajudou os alunos na identificação com o projeto, facilitando a sua inserção e permanência durante a realização da pesquisa.

A literatura apresentada neste trabalho revelou que uma das dificuldades encontradas em atividades com RE era a dificuldade dos alunos com conceitos básicos de programação, o que limitava algumas atividades. Portanto, na etapa [2], teve como ponto de partida a apresentação do projeto Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos, tendo a introdução dos conceitos de programação a partir de simuladores e iniciou o uso da plataforma Arduino, seguindo um plano didático (vê apêndice A). O foco foi fazer com que os alunos tivessem contato com os conceitos iniciais da lógica de programação utilizada no Arduino. Para as atividades foram utilizados os

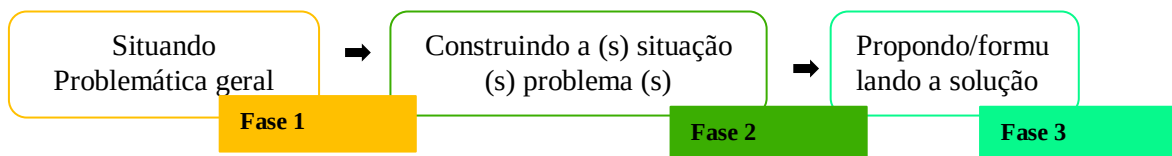
simuladores *Open Roberta* (<https://lab.open-roberta.org/>) *Tinkercad* (<https://www.tinkercad.com/>).

É importante salientar que o propósito não foi ensinar os estudantes a manusear o Arduíno, mas sim, garantir que tenham contato com os procedimentos lógicos mínimos. Noutro ponto, buscou-se, mesmo que implicitamente, aproximar os conhecimentos formais dos informais em um movimento de formação integral dos alunos, alinhando as práticas com a BNCC.

A continuidade da pesquisa aconteceu na etapa [3] do módulo I, onde os estudantes, propulsionados por um problema ou problemas, formularam soluções baseadas em Arduino. A constituição desse ambiente de aprendizagem tem como substância principal o problema, que é de interesse do aluno, assim exploraram um problema da vida real, desenvolvendo “soluções até que, de repente, percebem que precisam saber como executar determinada função matemática para aplicar o que conceberam” (BERGMANN; SAMS, 2016, p.45).

As atividades desta etapa foram desenvolvidas em espaço adequado e no contraturno, uma vez que o currículo escolar ainda não abrange diretamente a RE. Seguiu-se os passos de Blikstein (2016), em que, durante as atividades de robótica – a partir de temas geradores construídos com os alunos e dentro da realidade local – o trabalho desenvolvido repercutiu além das quatro paredes do laboratório. No entanto, a ideia principal é que seja encontrada uma problemática geral, constrói-se uma situação problema e os alunos devem propor uma solução prototipável em Arduino (ver Figura 4).

Figura 4 – Esquema ilustrativo da etapa 03



Fonte: Autor (2023)

Apesar dos beneplácitos aparentemente estereotipados, entende-se que pesquisa no ambiente escolar não é uma construção fácil, envolve uma luta pela busca de alternativas que façam os estudantes potenciais criadores e inventores, produzindo um mundo novo. Concatenando com esse espectro, Lukde (1998, p. 41-42) reforça que:

Nesse contexto, reivindico a formação do professor pesquisador como aquele profissional que ao optar pela luta (que é fundamental) coletiva por alternativas e comprometidas com a especificidade do valor do trabalho docente e como uma

educação que fornece nas crianças a potencialidade de inventar e lançar as bases de um mundo diferente daquele anteriormente esboçado, seja capaz de engajar na busca de uma Pedagogia e de uma escola que consigam trabalhar nesse meio adverso.

A [4] é última etapa da pesquisa empreendida acontecendo a organização e análise de todos os registros produzidos durante a investigação, vídeos, fotos, materiais e artefatos construídos pelos alunos e questionários. Considerando toda a coletânea de dados, esta é a fase de se debruçar sobre os dados e identificar, categorizando os conceitos matemáticos mobilizados durante as atividades com Arduino.

Considerando que o módulo II não faz parte do *corpus* da pesquisa, optou-se por não delinear-lo, sendo utilizado somente os dados referentes ao questionário inicial e a primeira semana, correspondente ao uso dos simuladores. Portanto, considerando que este ambiente de aprendizagem reclama alguns equipamentos, a próxima subseção abordará todos os componentes tecnológicos utilizados na pesquisa.

3.2.1 Artefatos tecnológicos utilizados

A realização da pesquisa passou pelo uso de equipamentos eletrônicos que estão listados no Quadro 7. Os dispositivos apresentados formaram, junto com a sala de aula ou outro espaço, o ambiente de aprendizagem por meio da RE. Todas as atividades da oficina de programação básica e de busca dos problemas/solução, prototipação aconteceram neste espaço.

Quadro 7 – Dispositivos utilizados na pesquisa

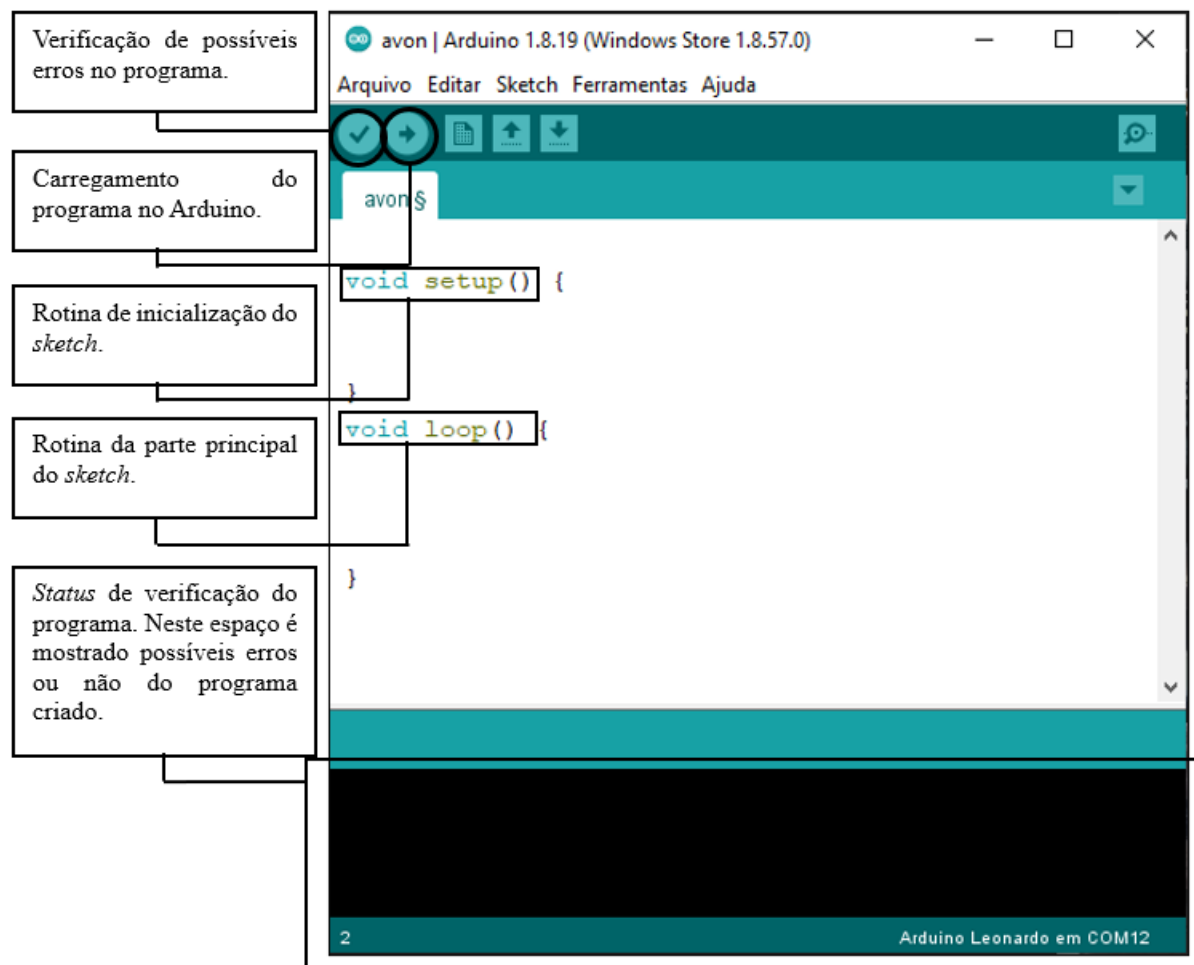
Dispositivo/componente	Quantidade inicial	Quantidade final
Computadores de mesa	6	6
Notebooks	4	4
Placas de Arduino	3	5
Sensor LDR	5	10
Módulo Ultrassônico	1	3
Módulo Sensor de Luz UV	0	1
Módulo Sensor de Som e Palmas	0	2
Módulo Sensor de Umidade do Solo	0	1
Sensor de Temperatura e Umidade (NTC, DHT11)	2	6
Leds (azul, vermelho, amarelo, verde e módulos)	12	29
Servo Motor	4	10

Bomba submersível	0	2
Módulo Relé	1	2

Fonte: Autor (2023)

Observa-se que os componentes periféricos do Arduino foram adquiridos para contemplar os protótipos construídos. Além das configurações físicas e lógicas, cada um dos computadores teve a instalação do *Arduino Integrated Development Environment* (ou, em tradução livre, Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduino), ou simplesmente IDE Arduino – visto na Figura 5 com detalhamento – que é uma plataforma utilizando linguagem C e C++, na qual o programa é escrito e é feito o *upload* para o Arduino. Cabe ressaltar que um projeto Arduino é chamado de *sketch*, sendo constituído por duas partes ou rotinas, *setup*, responsável por iniciar o programa ou *sketch*, e a rotina *loop*, contendo a parte do código principal.

Figura 5 – Interface do IDE Arduino



Fonte: Autor (2023)

Por conseguinte, a próxima subseção discorrerá sobre o local e sujeitos, a fim de contextualizar a pesquisa.

3.3 Local e sujeitos da pesquisa

O curso de Robótica e Inteligência Artificial foi desenvolvido sob a égide do projeto de pesquisa intitulado “Decolonizando Tecnologias e Entrelaçando Comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos”, aprovado pelo CEP/ Parecer nº 5.766.476, ocorrido na EEM Liceu de Caucaia, na cidade de Caucaia, no estado do Ceará, e na UEM Otávio Escórcio Gomes. O curso, dividido em dois módulos, abordou conceitos de robótica, integrando lógica de programação e criação de circuitos eletrônicos, dados e inteligência artificial (IA).

A escola Otávio Escórcio Gomes está localizada em Murici dos Portelas, Piauí. Com uma média de 291 matrículas anuais, a unidade de ensino atende um público com faixa etária entre 14 e 50 anos distribuídos em Ensino Médio regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA). O quadro de professores é composto por 21 docentes, sendo 17 contratados temporariamente. A escolha da Unidade Escolar de Ensino Médio Otávio Escórcio Gomes, em Murici dos Portelas, para a realização da investigação se deu pela ligação estreita com o pesquisador, uma vez que além de ter sido seu local de trabalho é também onde concluiu o Ensino Médio, tendo uma ampla convivência com os funcionários e a comunidade escolar.

No âmbito do currículo, no ano de 2022, a escola iniciou a implementação gradual do novo currículo, alinhado a BNCC, acontecendo na primeira série do Ensino Médio até alcançar a 3ª série, em 2024. Considerando que os alunos da primeira série serão aqueles que terão contato com o novo Ensino Médio neste ano, perpassando pela Formação Geral Básica (FGB), eletivas e projeto de vida, este grupo de alunos foi selecionado para serem sujeitos da pesquisa. Para tanto, foram admitidos um número mínimo de 12 e máximo de 16 alunos do primeiro ano do Ensino Médio, identificados no Piauí como EP01 até EP116, paritários entre homens e mulheres, de acordo com os seus interesses, disponibilidade em participar e os objetivos da pesquisa.

Pela inexistência de laboratório de informática nas dependências da escola em Murici dos Portelas, as atividades da pesquisa aconteceram no prédio do Projeto Social Raio de Esperança (PSRE), na qual foram montados os computadores disponíveis, para assim funcionar o laboratório.

É importante, além da identificação dos sujeitos, situá-los a partir de seu contexto. Portanto, Murici dos Portelas, com 26 anos de emancipação política, está localizado na mesorregião norte do Piauí, macrorregião Litoral, banhado a oeste e norte pelo Rio Parnaíba

que sofre com a degradação das matas ciliares, tendo diversas lagoas e ribeiros. A economia da cidade é limitada, tendo como fonte principal o serviço público municipal e os programas de transferência direta de renda do governo federal. Ganha destaque também o extrativismo vegetal (castanha do caju e pó e palha da carnaúba), pesca, agricultura e pecuária de subsistência.

No meio cultural, os festejos, vaquejadas e festividades juninas com quadrilhas, fogueiras e comidas típicas representam os principais eventos, ganhando atenção dos estudantes, que são entusiastas para participarem. Com o advento da tecnologia é possível identificar outros movimentos que nascem, principalmente entre os adolescentes, como outras identidades musicais, estilos de falar e vestir.

Um outro fator relevante, é a insuficiência de empregos formais e informais, deixando os jovens, principalmente aqueles que terminam a Educação Básica, sem perspectiva. O dano que essa situação traz é fazer com que os jovens percam o encanto pela Educação e não enxerguem problemas e soluções locais, vislumbrando viajar, mesmo que não tenham encerrado o Ensino Médio. O cenário construído, associando os elementos do novo currículo, direcionam para que esses estudantes tenham novas experiências, despertando-os para o desenvolvimento pessoal e social.

A outra escola onde aconteceu o curso foi o Liceu de Caucaia, localizada no bairro Potira em Caucaia-CE. A escola possui 1374 matrículas, sendo realizado o curso nos mesmos moldes do Piauí. A identificação dos alunos seguirá o mesmo padrão do Piauí, sendo utilizados os códigos EC01 até EC16, paritários entre homens e mulheres, de acordo com os seus interesses, disponibilidade em participar e os objetivos da pesquisa.

A unidade de ensino possui 20 anos desde a fundação ofertando o ensino médio regular e EJA. Diversas atividades fazem parte do contexto escolar, assim são realizadas feiras de ciências e profissões, projetos, como “Embarca na Leitura”, atividades curriculares como teatro de bonecos, aulas de campo e espaços abertos ou fechados como museus, fomentados pela implementação do novo ensino médio.

A escola também participa de eventos da rede estadual, como o Ceará Científico, que fomenta a pesquisa científica no ensino médio público. Apesar de todas essas movimentações da escola, torna-se importante frisar a falta de oportunidades coexistentes aos problemas de grande centros urbanos, como a criminalidade. Assim, os jovens em sua maioria, apresentam baixa expectativa em relação ao prosseguimento dos estudos, potencializado pela necessidade de trabalhar. É importante salientar que Caucaia é um dos primeiros locais de habitação do Ceará, com mais de 263 anos, se tornando centro populacional e industrial a partir de 1973 com

a criação da região metropolitana de Fortaleza, tendo aproximadamente 300 mil habitantes e com uma economia baseada no turismo e indústria.

Evidencia-se diversos problemas em ambos os espaços, contribuindo para o aumento do insucesso escolar e a perda da referência da escola como espaço de transformação, sendo importante ações que gerem intervenção e ofereçam novos moldes e experimentações para os alunos, fugindo da educação restrita ao único objetivo de cumprir pressupostos curriculares.

Considerando os dados gerados na pesquisa, optou-se em utilizar somente aqueles provenientes do Piauí, com exceção daqueles provenientes do questionário inicial, que possibilitaram a observação de paralelos quanto a visão dos alunos dos dois estados. A escolha se deu pelo fato de o pesquisador estar presente, incluindo a sua visão através das observações. Ademais, apenas o módulo I será objeto de análise neste trabalho.

Todos dados gerados serão fruto de análise, cabendo a necessidade de instrumentos que auxiliem na coleta e sistematização. Portanto, a próxima subseção discorrerá sobre os instrumentos de coleta.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados é um momento importante da pesquisa, utilizando-se dos instrumentos especificados os dados são reunidos para serem organizados, analisados e discutidos em etapas posteriores. Neste sentido, esta investigação apoderou-se dos seguintes instrumentos: diários de campo, fotografias e filmagens, produção dos alunos, questionários e entrevistas.

Compreende-se que tais instrumentos ajudaram a congregar as informações que foram tratadas para identificação, categorização e análise dos conceitos matemáticos mobilizados durante as atividades de RE com Arduino.

3.4.1 *Diário de bordo ou campo*

A fim de possibilitar o registro de fatos importantes sob a ótica do pesquisador foi utilizado o registro das observações a partir de anotações ou diário de campo, que nesta pesquisa por conveniência, foi usada a terminologia Diário de Bordo (ver apêndice D). Neste sentido, o Diário de Campo é uma ferramenta que consiste em um conjunto de anotações que “permite o detalhamento de informações, observações e reflexões surgidas no decorrer da investigação ou no momento observado” (CASTRO, 2012, p. 55).

A relevância deste instrumento está na sua capacidade de inserir a perspectiva do pesquisador sobre os dados coletados, auxiliando na reconstrução de emoções presentes nos

diálogos e relações empreendidas. Desta forma, este tipo de registro assume um caráter aberto, “conferindo ao pesquisador ampla liberdade para proceder às anotações” (GIL, 2008, p. 106). É necessário que as notas de campos sejam delimitadas pelo objeto da pesquisa, sendo, de acordo com (*ibidem*), importante a elaboração de um planejamento preliminar. Assim, o Diário de Bordo deve estar presente desde o início da pesquisa.

3.4.2 Fotografia e vídeos

Para Gil (2008), é impossível observar tudo e, portanto, somente as notas de campo são insuficientes para que sejam detalhados todos os elementos que interessam à pesquisa. Neste ponto, a captura de momentos que são tratados como relevantes durante as atividades por meio da fotografia visa eternizar um determinado instante, sendo uma visão simbólica da imagem original, a partir do olhar de quem a produziu (DUARTE; BARROS, 2008).

Assume-se então, que a fotografia contempla um perfil subjetivo do pesquisador e garante, a partir da organização um construto cronológico, dando vida aos fatos. As fotografias foram realizadas utilizando o celular do pesquisador e, posteriormente, sistematizadas em outro local. De forma complementar, principalmente as notas de campo, foram realizadas filmagens da etapa [3], utilizando uma webcam (HD 720 p) conectada a um notebook. Assim, detalhes que passaram despercebidos nos diários de bordo e nas fotografias, foram registrados para posterior análise.

3.4.3 Produções dos alunos

Alinhados aos objetivos da pesquisa, que buscam identificar a Matemática presente em atividades com RE, as produções dos alunos são fontes de informações que demarcam pontos que os demais instrumentos não têm a capacidade de perceber. Desta forma, quaisquer registros escritos e, essencialmente, os programas e circuitos criados, compondo a produção técnica e intelectual do aluno, formaram objetos de análise. Assim, todos os *sketches* criados foram armazenados digitalmente e os circuitos fotografados.

3.4.4 Questionários

O levantamento de dados primários foi realizado por meio de questionários, dando grande importância a descrição verbal dos estudantes (PRODANOV; FREITAS, 2013), fazendo evidenciar a sua visão pessoal sobre as atividades desenvolvidas, dando ao pesquisador novos elementos que consubstancia a análise. Os estudantes, como qualquer outro indivíduo

social, têm uma visão própria, a partir da sua construção sócio-histórica, e quando em conjunto com as demais informações formaram o *corpus* da investigação.

Os questionários desta pesquisa foram organizados no *Google Forms*® (<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>), de acordo com os Apêndices B e C. Optou-se por usar a ferramenta *online* devido ao fato de permitir a coleta e sistematização dos dados através de planilhas e/ou gráficos. O primeiro questionário visou a obtenção de dados sobre o perfil dos estudantes, aplicado antes do início da pesquisa. Um segundo questionário foi aplicado com respostas abertas e fechadas, divididas em duas seções.

O uso dos questionários ajudou na construção de outros significados ainda não dispostos nos instrumentos anteriores e a potencialização maior pelo fato do respondente utilizar a mídia digital, deixando-o à vontade para exprimir emoções de maneira mais detalhada.

3.4.5 Entrevistas

A entrevista é a “obtenção de informações de um entrevistado sobre determinado assunto ou problema” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 106), podendo ser estruturada, com perguntas fechadas, semiestruturada, com um roteiro definido, mas com liberdade para fazer outras perguntas e não estruturada, com perguntas abertas. Nesta investigação, optou-se por realizar uma entrevista aberta (ver Apêndice E), na qual, conforme Sampieri, Collado e Lucio (2013, p. 426), “se baseiam em um roteiro geral de conteúdo e o entrevistador tem toda a flexibilidade de trabalhar com elas”.

Na configuração proposta, a entrevista aconteceu ao final da aplicação do projeto, buscando identificar e registrar dados que os outros instrumentos não documentaram e legitimar as informações coletadas, principalmente os questionários. Assume-se então que a entrevista possui uma flexibilização maior, possibilitando intervenções do pesquisador e nuances considerando as informações prestadas nos questionários eletrônicos.

3.5 Instrumentos de análise

A partir deste ponto, como afirma Gomes (2002), torna-se necessário olhar atentamente para os dados da pesquisa. Antes de continuar, é relevante evocar que o momento da análise é trazido por alguns autores adjunto à interpretação, todavia, neste trabalho, foi compreendido que o primeiro abarca o segundo. Para tanto, considerando que os dados compilados correspondem a documentos obtidos através de notas de campo, registro dos estudantes, entrevistas, transcrição de vídeos e fotografias, optou-se por utilizar neste estudo a Análise de Conteúdo (AC), definida por Bardin (1979, p. 42) como:

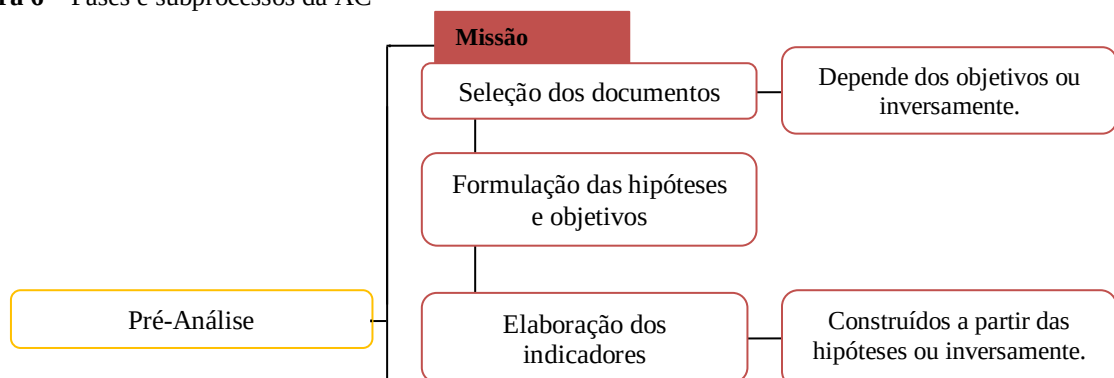
Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

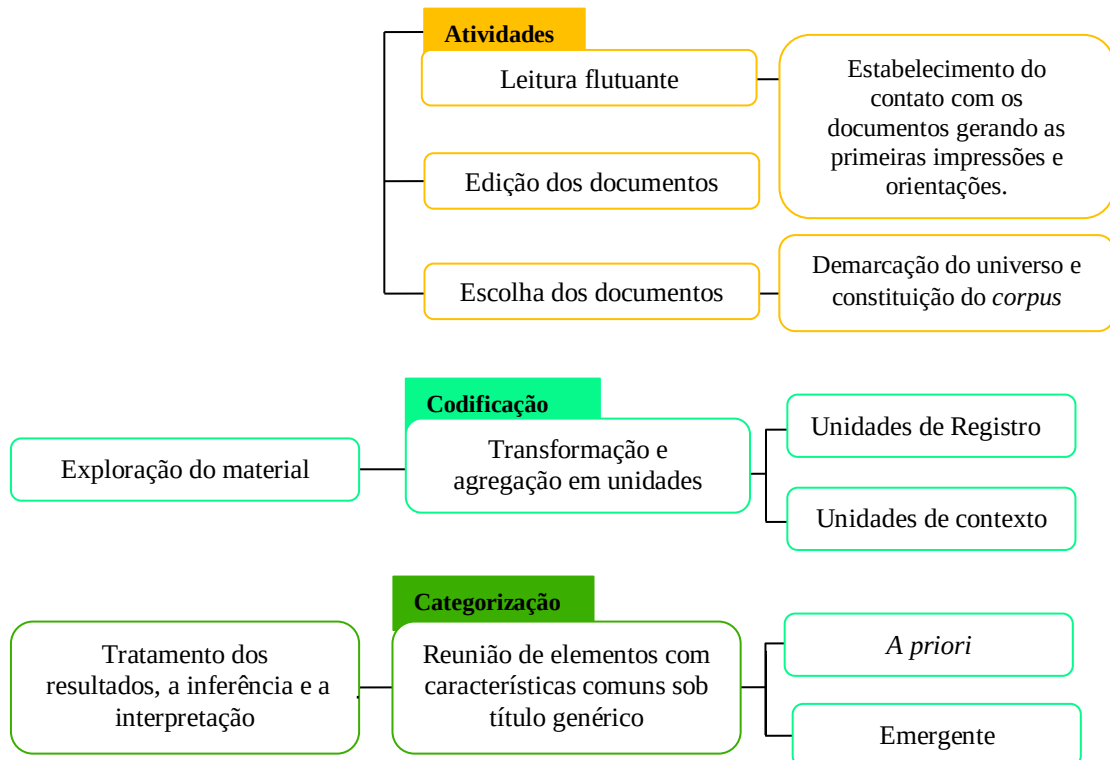
Concatenando com a autora, Benites et al. (2016) descrevem que o foco da Análise de Conteúdo acontece na comunicação verbal ou não verbal, podendo ser cartas, gravações, diários, entrevistas, vídeos, entre outros. Postula-se que os dados coletados, inicialmente estão em estado bruto ou não estruturados, necessitando "serem organizados, transcritos e transformados em uma produção textual" que expressam representações sociais na "qualidade de elaboração mental construídas sob condições contextuais (histórica, econômica e sociocultural) nas quais os emissores estão envolvidos" (BENITES et al, 2016, p. 37).

Gomes (1994) descreve duas finalidades da AC, a primeira que diz respeito à verificação de questões, podendo encontrar as respostas para as questões formuladas e uma segunda função, que é o desvelamento do que está por trás dos conteúdos manifestos. Quanto às fases, a AC está organizada em três momentos cronológicos, a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação (BARDIN, 1979). Cada uma dessas fases possui subprocessos que são apresentados na Figura 6.

De acordo com a Figura 6, a fase inicial ou pré-análise é o momento de organizar os materiais disponíveis, sendo um estágio de intuições visando operacionalizar e sistematizar ideias iniciais a fim de alcançar um diagrama ou plano de análise (WANLIN, 2007; BARDIN, 1979). Nesta etapa, todas informações coletadas foram estruturadas, havendo o primeiro contato por meio da leitura proporcionando impressões e orientações. A leitura flutuante ajudou na realização das observações, de maneira paulatina se torna mais precisa, "em função das hipóteses emergentes, da projeção das teorias adaptadas sobre o material e da possível aplicação de técnicas utilizadas sobre materiais análogos" (BARDIN, 1979, p. 96).

Figura 6 – Fases e subprocessos da AC





Fonte: Autor (2023)

Em seguida, procedeu-se com a escolha dos documentos constituindo o *corpus*, que é um conjunto de documentos submetidos aos processos de análise (BARDIN, 1979). Para tal, é necessário que todos os elementos estejam neste *corpus*, seguindo a regra da exaustividade. Ainda, a análise pode ser feita por uma amostra, seguindo a regra da representatividade, já os documentos retidos obedecem a critérios precisos de seleção e adequados quanto a fonte de informação (BARDIN, 1979). A partir dessa regra, extratos de respostas confluentes dos alunos foram inseridas em protocolos, sem a necessidade de todas estarem expostas, facilitando a compreensão e discussão.

Os espectros listados configuram o ponto onde os conhecimentos matemáticos mobilizados durante as atividades RE começam a emergir. Os vídeos, notas de campos, entrevistas e materiais intelectuais ou físicos produzidos pelos alunos foram organizados a partir dos crivos da pré-análise.

A partir de então, foi alcançada a próxima fase, a Exploração do Material, onde já existe um *corpus* decomposto em elementos completos, respeitando padrões, para a obtenção das unidades de registro (UR), que podem ser uma palavra, frase, oração. Para Benites *et al.* (2016), nesta etapa, o foco está em compreender o significado que é dado ao *corpus* pelos envolvidos na investigação. Sobre as UR, Bardin (1979) as define como unidade de significação que será codificada sendo um segmento completo considerado como unidade base, buscando a

categorização e a contagem frequencial. Na mesma linha, Benites *et al.* (2016, p. .38) discorrem que “as unidades de registro são palavras, frases ou temas repetidos ao longo dos textos e encontrados nos diferentes documentos analisados, os quais permitem traçar o perfil dos participantes e conhecer as convergências e divergências sobre algum ponto”.

Com a UR definida, recorreu-se à unidade de contexto (UC), ainda dentro da Exploração dos Materiais, que considera o contexto em que a mensagem faz parte (GOMES, 1994) ou o local geográfico/temporal onde os eventos da UR acontecem. Bardin (1979) enfatiza a importância das unidades de contexto para uma análise avaliativa e de contingência, levando em conta que a intensidade ou extensão de uma dada unidade podem emergir de maneira mais ou menos acentuada de acordo com o contexto selecionado. O autor ainda exemplifica quando evidencia que o uso de palavras como *liberdade, democracia, ordem, sociedade e progresso* em mensagens políticas carecem de um contexto para serem compreendidas a partir do seu verdadeiro sentido.

Com as unidades definidas, tem-se que a codificação está completa, adentrando na última etapa, o Tratamento das Informações, Inferências e Impressões, onde serão criadas as categorias de análise, segundo Gomes (1994, p. 76), a partir de uma tentativa de “desvendar o conteúdo subjacente ao que está sendo manifesto”. A categorização é descrita por Bardin (1979) como uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e reagrupamento, com critérios bem estabelecidos, desta forma,

[...] as categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos. [...] A partir do momento em que a análise de conteúdo decide codificar o seu material, deve produzir um sistema de categorias (BARDIN, 1979, p. 117-119).

Neste trabalho, os conceitos matemáticos identificados a partir dos instrumentos de coleta foram agrupados formando categorias, atendendo assim “às expectativas do investigador, aos objetivos da pesquisa, às questões norteadoras, às características da mensagem, à objetividade e à produtividade” (BENITES *et al.*, 2016, p. 39). Assume-se aqui, que – alinhado à Bardin (1979) – a categorização, enquanto corredor dos dados brutos ao organizados, não causa desvios no material, permitindo, no entanto, ter ciência dos índices não visíveis quando em estado bruto.

4 RESULTADOS

A robótica educacional é voltada a desenvolver projetos educacionais envolvendo a atividade de construção e manipulação de robôs, mas no sentido de proporcionar ao alunos mais um raciocínio, sua criatividade, seu conhecimento em diferentes áreas, a conviver em grupos cujo interesse pela tecnologia e a inteligência artificial é comum a todos (CASTILHO, 2002, p. 4)

Esta seção discutirá os resultados da pesquisa, que foram divididos em quatro partes, sendo que as duas primeiras buscam responder o primeiro objetivo específico, a segunda e terceira, aos objetivos 2 e 3, respectivamente. Na primeira seção dos resultados é apresentado as percepções iniciais que contemplam a inscrição dos alunos, através de questionário *online* a visão da RE como um ambiente de aprendizagens. Nesta fase, a visão dos alunos sobre Matemática na sociedade, tecnologias e problemas locais vem à tona e clarificam como os eles pensam sobre a sua utilidade para resolver problemas locais.

Com o início do curso são elencadas as microfases, que são estágios que os alunos perpassam, percebidos pelo pesquisador, indo do contato à apropriação da tecnologia e resolução de problemas. Surgem a partir destas primárias os pressupostos que ajudarão na compreensão da pesquisa. Na segunda seção, os conhecimentos matemáticos emergidos ganham tom e forma e são categorizados por meio da AC, sendo as categorias finais: Conhecimentos Matemáticos Aprendidos e Conhecimentos Matemáticos Acessados. A discussão à luz da literatura promove o aprofundamento sobre quanto a emergência desses conhecimentos e sua importância do ponto de vista pedagógico. Nesta seção, ainda é discutido conceitos matemáticos que surgem a partir do uso dos simuladores, uma análise realizada a partir do uso do *Open Roberta*, identificando como categorias: Geometria; Unidades de Medida; e Cálculo por Estimagem.

Na terceira seção são apresentados os protótipos que os alunos construíram em face dos problemas identificados. A partir desses protótipos é realizada sugestões de conteúdos que podem ser abordados, considerando o papel do professor enquanto organizador, mediador e facilitador da aprendizagem. A última seção apresenta excertos referentes a visão dos alunos sobre engajamento. Nisto é discutido, considerando PC, o envolvimento dos alunos nas atividades que envolviam a prototipação das soluções.

4.1 O curso de robótica e IA: percepções iniciais

Nesta seção, apresentar-se-á as percepções iniciais sobre o curso de robótica, considerando inicialmente o questionário aplicado na fase de recrutamento. Sendo utilizado

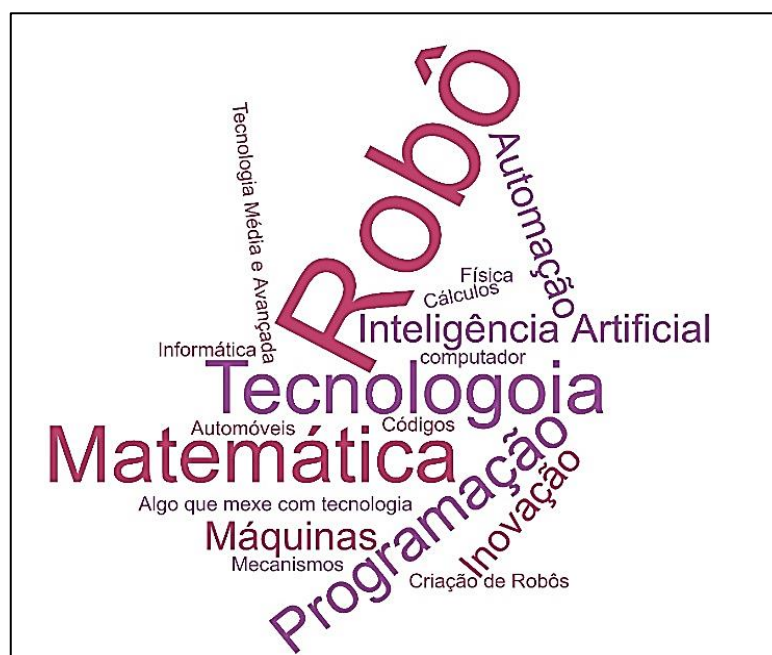
fragmentos das falas dos estudantes que servirão de base para a análise, organizados através de protocolos. Para além, são apresentadas as microfases, estágios que os estudantes percorrem até a apropriação da tecnologia e a discussão sobre RE como espaço promotor de aprendizagens.

4.1.1 Questionário inicial

O curso ofertado, dividido em dois módulos, teve como ponto de partida a divulgação e recrutamento dos alunos, no qual os interessados deveriam responder um questionário inicial (*online*), tanto no Ceará quanto no Piauí, a fim de coletar dados básicos dos alunos e até questioná-los sobre as aulas de matemática, problemas locais, avanço das tecnologias e como poderiam ser solução em suas comunidades. Para esta primeira análise, ponderou-se as respostas dos alunos dos dois estados ao questionário inicial.

Dentre as questões propostas para os alunos que realizaram o curso no Ceará e no Piauí, a primeira que não envolvia dados pessoais, dizia respeito ao que os alunos relacionam à palavra robótica. Além da própria palavra Robô – como esperado, principalmente pela etimologia do verbete – e tecnologia, que é uma associação mais direta, os participantes também descreveram a Matemática, como mostra nuvem de palavras formada a partir das respostas (ver figura 7). Destaca-se aqui que os alunos já têm a percepção do uso ou a necessidade da Matemática neste campo. Outras associações, mais claras, também foram ditadas, como IA, programação, máquinas, automação e inovação.

Figura 7 – Nuvem de palavras formada pelas respostas dos alunos no questionário inicial



Fonte: Autor (2023)

A nuvem de palavras reflete as hipóteses assumidas neste trabalho, imprimindo que a Matemática está associada à robótica. O questionamento seguinte queria saber se os alunos consideravam a Matemática importante para a sociedade, instigando-os a justificarem suas respostas. Os estudantes descreveram suas respostas, na sua maioria uma Matemática Básica e usual, por muitas vezes utilizando o termo “cotidiano” para expressar o quanto pertencia a atividades comuns do dia a dia, como fazer compras, pagamentos e resolver problemas que surgirem. A importância da Matemática também foi associada às necessidades do mercado de trabalho, a outras áreas do conhecimento e avanços tecnológicos. Na Matemática para o mercado de trabalho os alunos associaram-na a uma boa profissão e sua necessidade em áreas de atuação, descrevendo-a como “muito importante para qualquer que deseja um emprego de qualidade” (EC03). Além destas relações, por exemplo, os estudantes também justificaram suas respostas colocando a Matemática enquanto fator importante nos avanços tecnológicos, como a ida do homem à Lua e a digitalização atual (vide quadro 8).

Quadro 8 – Categorias de respostas dos estudantes quanto a importância da Matemática na sociedade

Categorias	Nº de palavras/expressões	Exemplos de palavras/expressões
Matemática: Cotidiana ou Básica	22	“A matemática esta presente em diversas áreas das nossas vidas” (EP01); “por que ela é presente no nosso cotidiano em paga alguma conta ou recebendo dinheiro” (EP10)
Matemática: Para o mercado de trabalho	9	“[...] para diversas profissões; caixa; engenharia”(EC10); muito importante para qualquer que deseja um emprego de qualidade em qualquer área” (EC03); “sem contar que ajuda muito no mercado de trabalho” (EP04)
Matemática: Outras Áreas	6	“Física; Química” (EC11); Medicina; Engenharia” (EC06); “Informática” (EP05)
Matemática: Avanços tecnológicos	4	“ [...] com ela foram descobertas várias coisas que tornaram o mundo mais digital” (EC07); “ela é usada em toda a tecnologia da humanidade; nem se quer teriam chegado na lua” (EC11)

Fonte: Autor (2023)

Imprime-se, a partir do Quadro 8, que os estudantes se direcionam para a Matemática dita como básica, outras vezes chamada de cotidiana, fazendo perceber que distanciam da Matemática escolar, aquela com seu conjunto de regras e preceitos, inflexível e temida ao mesmo tempo que é essencial para os avanços da sociedade e ascensão no mercado de trabalho. Questiona-se o que seria a Matemática Básica? Na verdade, é aquela julgada como necessária, para fazer compras, organizar algo, fazer pagamentos, ou seja, transitar socialmente. É compreendido que os estudantes têm uma percepção síncrona, a de uma Matemática que perpassa em atividades no dia a dia, mas que não conseguiram descrever, indicando que ela está

lá, “a matemática está presente em diversas áreas das nossas vidas, é importante ao menos saber matemática básica” (EP01).

A configuração clarificada faz retomar Papert (1985), já que os mesmos alunos, no cotidiano, têm conhecimentos de procedimentos utilizando-os, planejando estratégias em algum jogo ou instruindo alguém, não utiliza, por exemplo, para fazer aritmética na escola.

Com a ideia da relevância da Matemática formada, os estudantes foram interrogados sobre os problemas locais, dificuldades que existem em suas comunidades, suas possíveis soluções e, posteriormente, se a Matemática e as tecnologias serviriam em algum momento para resolver essas demandas. A figura 8 mostra os problemas comuns e aqueles específicos por comunidade, considerando a cidade de Murici dos Portelas-PI e Caucaia-CE, indicadas nas respostas do questionário.

Figura 8 – Diagrama mostrando os problemas específicos e comuns de cada cidade



Fonte: Autor (2023)

Diante os problemas elencados pelos alunos, os comuns às duas comunidades, destaca-se aqui o saneamento básico que engloba a distribuição de água, esgotamento sanitário e a coleta de lixo, acesso à Educação e infraestrutura elétrica. Outros problemas foram citados, a falta de desenvolvimento e especificações como a ineficiência de alguns serviços básicos: energia elétrica, iluminação, segurança, drenagem fluvial e locomoção na cidade. A partir destas constatações os participantes foram questionados sobre soluções possíveis, apresentando diversas ideias (Quadro 9).

Quadro 9 – Síntese mostrando as resoluções para os problemas comuns

ACESSO À EDUCAÇÃO	Termos locais com aparelhos que atenda melhor aprendizagem (EP05)
	Mais ações públicas em relação ao currículo escolar, mais oportunidades de aprendizado acessível nas escolas (EC02)
REDE ELÉTRICA	Colocando lâmpada nos postes (EP09)
	Políticas públicas (EP02)
SANEAMENTO BÁSICO	Latas de lixo públicas espalhadas pela rua (EP11)
	Alguns bueiros para circulação da água em dias chuvosos (EP11)
	Melhora no saneamento com investimentos (EP01)
	Sim, as pessoas pararem de jogar lixo na rua (EP11)
	Aumentar o sistema de distribuição de água (EP08)

Fonte: Autor (2023)

As ideias primárias subsidiaram os protótipos a serem construídos. Nisto os estudantes deveriam retornar a estes problemas para assim tentar alternativas através da robótica. As soluções que surgiram se baseiam em ações práticas, como: instalação de lixeiras, aumento da capacidade do sistema de distribuição de água; a generalizações envolvendo investimentos ou políticas públicas. Com as propostas ditas, os estudantes deveriam trazer a matemática e a tecnologia à cena, para assim criar associações e expor como elas poderiam ajudar na discussão e solução dos problemas. O compilado das respostas, apresentando aquelas que se adequam a proposta do trabalho está disposta no quadro 10.

Quadro 10 – Resposta dos alunos ao formulário inicial

TECNOLOGIAS PARA AJUDAR A SOLUCIONAR PROBLEMAS	Otimizando serviços públicos
	Otimizando serviços domésticos
	Descobertas científicas da saúde
	Facilitando formas de relacionamento com empresas
	Gerando problemas sociais: cyberbullying

Fonte: Autor (2023)

Na visão dos alunos, as tecnologias podem de fato ser a solução para os problemas, tanto locais quanto globais. As respostas concatenam com os problemas das suas comunidades e com efeitos práticos e em curto prazo. Na otimização dos serviços públicos, por exemplo, foi indicado a criação de tecnologias para melhorar o transporte urbano, comunicação,

gerenciamento de energia, entre outros. Nos serviços domésticos, a sugestão foi a criação de robôs que dobrassem roupas ou aperfeiçoamento do aspirador de pó, tornando-os autônomos. Apesar de todas as propostas para melhorar e a concordância que a tecnologias seriam solução, foi elencado também que essas tecnologias poderiam amplificar problemas.

Assim, Rocha e Brandão (2019) aditam que as tecnologias permitiram a transposição das alterações nos comportamentos dos sujeitos e interação social para o meio virtual, trazendo, por exemplo, violações de direitos morais. Confluindo para a discussão, o aluno EC03, apresenta o *cyberbullying* como consequência do uso da tecnologia, discorrendo que “algumas delas podem piorar os problemas. O celular por exemplo pode aumentar o número de casos de *cyberbullying*” (EC03). Tal posição pode estar refletindo o perigo das tecnologias, principalmente da internet, que é um ambiente hostil em algumas situações.

Quando perguntados sobre como a Matemática aprendida poderia ajudar a resolver os problemas, preservou a concepção tricotômica da Matemática da Escola e a Matemática do Cotidiano – a terceira abordada mais à frente, chamada de Matemática Avançada –, reforçado na resposta da aluna EP10: “Não muito, pois não acho que vou usar x^2 em uma compra [...]”.

O discurso fala possivelmente da função do segundo grau, tópico de estudo da primeira série do Ensino Médio e como equação incompleta no 8º ano do Ensino Fundamental. Nisto, a aluna reconhece que a Matemática praticada na escola não tem muita importância na vida real, existindo uma outra. Ainda nas respostas, os alunos apresentaram a Matemática Avançada, não estando presente na Educação Básica nem no cotidiano, como pode-se observar no protocolo a seguir:

Protocolo 1 - Extrato das respostas dos estudantes sobre a utilidade da Matemática para solucionar os problemas elencados das suas localidades

A matemática ensinada na escola é a base para se aprender uma matemática mais avançada que é usada em construções de algumas coisas (EP01).

[...] não, não necessariamente a matemática da escola, mas talvez com alguns ensinamentos superiores ela possa ajudar” (EP05).

Não pode, pelo simples motivo de faltar matemática avançada (EP09).

A Matemática ensinada nas escolas é muito básica (EC03)

O protocolo 1 expõe a ideia de matemáticas presentes em cada espaço. Concatenando, D’Ambrósio (1985) discorre sobre as várias formas da Matemática e Papert (1980) descreve uma Matemática Avançada, que tem base Matemática Escolar (da Educação Básica). Os estudantes abordaram tal ideia se referindo ao curso superior, conceitos matemáticos não presentes nas suas etapas de ensino. Nota-se a partir de então a consciência que a Matemática

é sim importante para resolver os problemas, no entanto, não aquela presente na escola. O terceiro questionamento que abrange a importância da Matemática para o desenvolvimento de tecnologias e solução para os nossos problemas nota-se que existe um senso comum, tornando-a como suporte necessário e responsável por muitos avanços.

De uma maneira geral, os alunos apresentam consciência sobre os temas levantados e descortinam representações interessantes. A robótica foi exposta e implicitamente relacionada com a Matemática, subdividida em cotidiana, da escola e avançada, sendo disjuntas, na maior parte das representações funcionando como degraus, a de nível inferior sendo necessário para alcançar a que está um nível acima. Apesar das declarações da sua presença no dia a dia, não deixaram claro como seria. Outro ponto, são os problemas elencados, alguns deles comuns às duas comunidades, como a do saneamento básico, que teve entre as soluções apresentadas, a instalação de lixeiras e bueiros, além da conscientização das pessoas. Nessa perspectiva, as tecnologias assumem um papel importante, não como medidas paliativas, mas propostas que podem promover mudanças palpáveis. Na ótica dos estudantes, as tecnologias têm grande poder para otimizar os serviços públicos e domésticos, auxiliando para a descoberta de curas de doenças, podendo também ser um problema, promovendo a vigência e ampliação de preconceitos. Para tanto, o questionário inicial atendeu as expectativas, fornecendo informações essenciais de perfil e visão dos estudantes que participaram do curso.

A seguir, ver-se-á a identificação de microfases presentes nas atividades do ambiente de aprendizagem em RE.

4.1.2 Microfases dos primeiros momentos da aplicação do curso de robótica

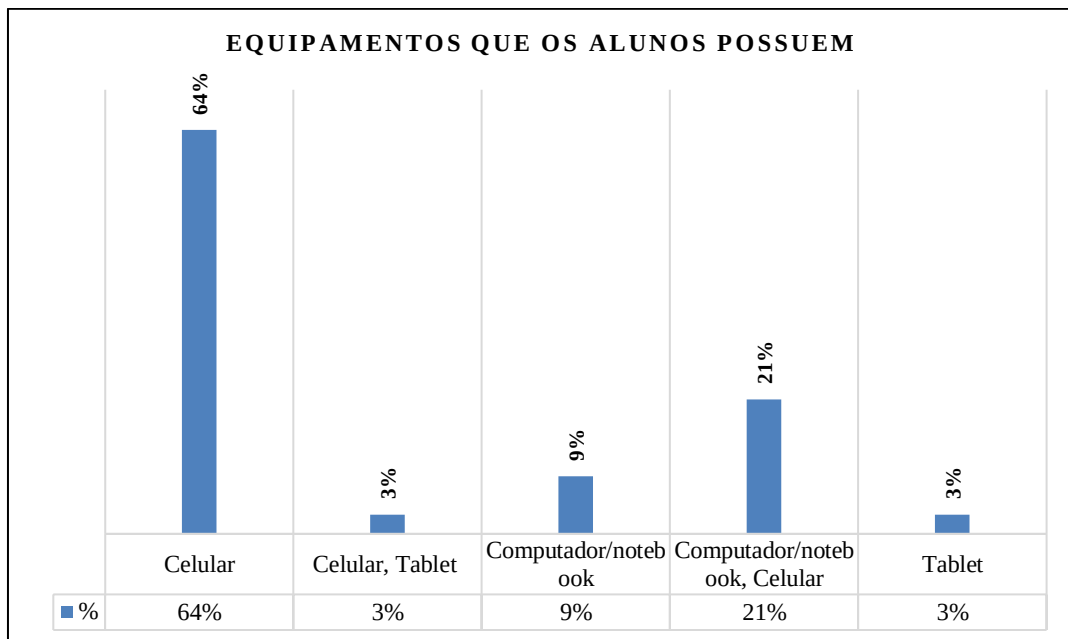
A RE não está limitada ao físico, podendo ocorrer em meios digitais, assim como discorre Santos, Souza e Castro (2022). Percorrendo tal direção, é notório a existência de múltiplas e possíveis atividades, com foco em aprendizagens pressupostas em currículos escolares ou não, que utilizam plataformas virtuais para auxílio, reproduzindo as placas e componentes dos kits convencionais de robótica. O contato com esses recursos pode ajudar os alunos a reprimir possíveis receios quanto ao uso de placas físicas, facilitando o processo de aprendizagem.

O curso desenvolvido, com foco, no primeiro módulo, na resolução de problemas produzindo protótipos em Arduino, mostra que os alunos precisam percorrer graus até alcançar o domínio dos recursos ou ferramentas, ascendendo competências e habilidades exigidas nos referenciais curriculares, como a BNCC e adjacentes. Os graus ou fases, são entendidos como

os momentos necessários a fim de consolidar os conhecimentos e significar os trabalhos executados, aqui denominados de microfases.

A metodologia, a partir da seleção dos alunos, previa um período de iniciação, uma oficina que abordou os principais conceitos de programação, introduzindo conceitos de lógica. No entanto, foi percebido que parte dos alunos não tinha contato com computadores constante ou nenhum, evidenciados pelo questionário, como mostra o gráfico 1:

Gráfico 1 – Equipamentos que os alunos atestaram possuir



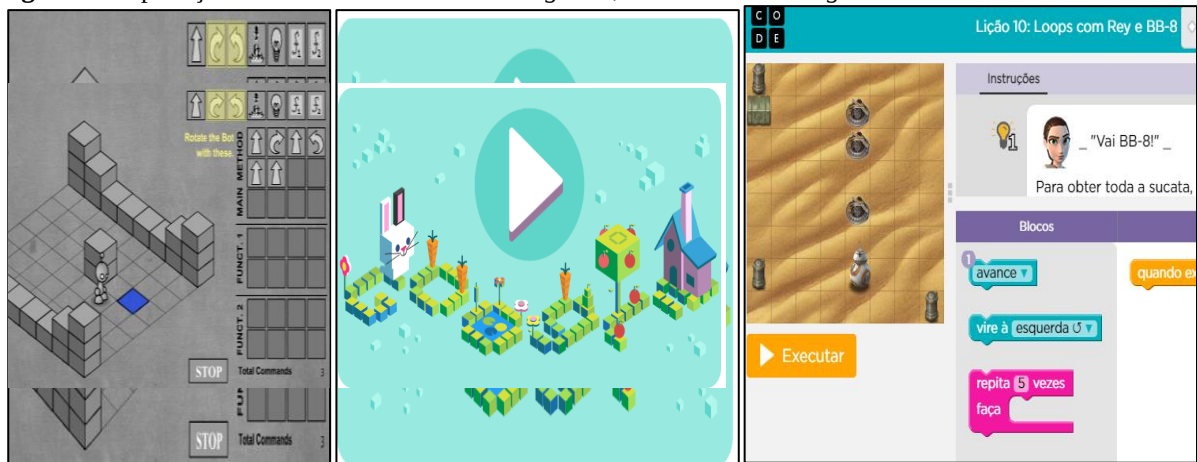
Fonte: Autor (2023)

Outra evidência, corroborando para o fato, foi espanto da aluna EP01 ao se deparar com os computadores: “Professor, não sei mexer nisso não!”. Apesar da aluna, nos questionários ulteriores, revelar que já havia operado em algum momento computador, tal situação é também observada por Blisktein (2016), relatando a existência do medo de alguns alunos em utilizar certos artefatos tecnológicos, ocasionado pelo fato de nunca terem utilizado na escola e a possibilidade de quebrá-los. Adjunto ao posto, houve a necessidade da introdução dos conceitos de eletrônica e concepções básicas de informática como conhecimento de algumas teclas especiais do teclado, permitindo que os alunos conhecessem os principais componentes e o funcionamento para que a prática acontecesse seguindo um fluxo natural.

O módulo I, antes dividido em dois momentos, fragmentou-se na execução das tarefas, as microfases, fazendo com que os alunos, inicialmente tivessem o contato com a tecnologia proposta, a partir de um ambiente de aprendizagem controlado em que todos poderiam

participar, sendo gerenciado pelo pesquisador. Esse contato materializou-se a partir de atividades em que os professores apresentavam conceitos básicos de lógica de programação com foco na ideia de premissas e verdades e o algoritmo junto a apresentação a partir de simuladores digitais ou jogos que objetivavam a cristalização do conceito de algoritmo, sendo utilizados uma página comemorativa da Google (<https://www.google.com/doodles/celebrating-50-years-of-kids-coding?hl=pt-BR>), o aplicativo *Lightbot* e a plataforma *Code.org* (Figura 9).

Figura 9 – Aplicações utilizadas com os alunos: *Lightbot*, *Doodles* e *Code.org*

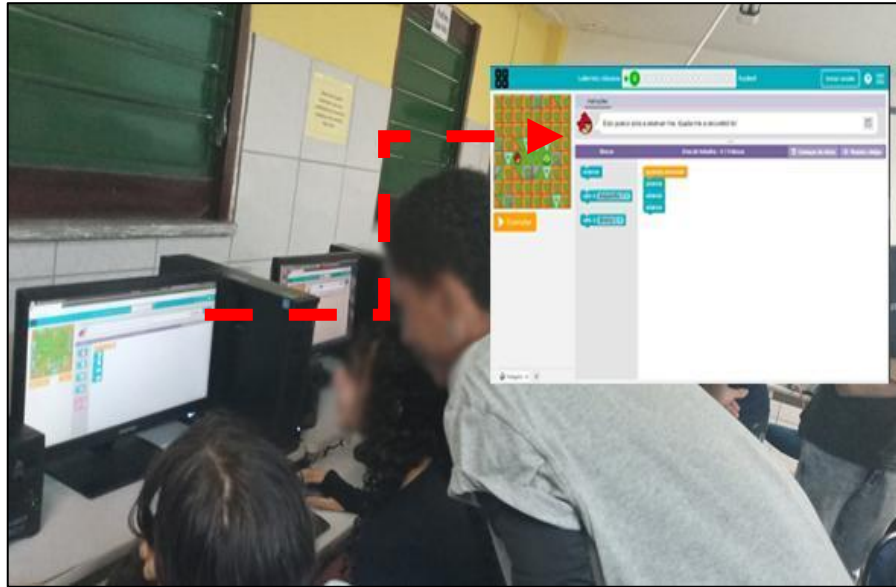


Fonte: Reprodução (2023)

As três aplicações se baseiam em um mesmo princípio, o robô está em uma posição A e deve ir a uma posição B, e cada movimento deve acontecer a partir da montagem dos blocos de programação, seguindo os princípios da linguagem desenvolvida por Seymour Papert, a Logo. No caso do *Code.org*, os robôs devem capturar os personagens indicados, assim é trazido a seguinte mensagem: “Consegues ajudar-me a apanhar o porquinho malvado? Empilha alguns blocos ‘mover para a frente’ e depois clica em ‘Executar’ para me ajudares a chegar até ele”. Os alunos devem montar blocos de programação e executar, avançando as fases a medida que os objetivos são alcançados.

Todo o ambiente constituído possibilita aos alunos envolver-se com as tecnologias considerando o elo de conhecimentos dos demais participantes. As atividades exigem que o coletivo seja explorado através da interatividade e necessidade de solução dos problemas, que no caso do *Code.org*, como mostra a figura 10, os alunos precisam programar um robô para que ele se movimente em um espaço, utilizando blocos e tendo fases que se tornam mais complexas à medida que vão avançando. A atividade estimula os participantes ao desafiá-los, fazendo-se necessário o uso de conceitos próprios da Computação.

Figura 10 – Alunos da turma de Caucaia-CE programando um robô no studiocode.org



Fonte: Autor (2023)

A partir das atividades propostas, é importante ressaltar que os alunos são produtores de conhecimentos e se tornam protagonistas, sendo autores, não só criando códigos, mas produzindo outros documentos. Tais argumentos são dispostos na BNCC, “exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva” (BRASIL, 2018, p. 9), assim foi percebido, na turma do Ceará, que um dos alunos fazia sínteses dos conteúdos em documento digital, mostrado na figura 11.

Figura 11 – Texto elaborado pelo estudante EC01 que sintetiza o que aprendeu sobre algoritmos durante a aula

ROBOTICA E PROGRAMACÃO (RESUMO)

O que algoritmo?

Algoritmo é simplesmente uma "receita" para executarmos uma tarefa ou resolver algum problema. E como toda receita, um **algoritmo** também deve ser finito. Se seguirmos uma receita de bolo corretamente, conseguiremos fazer o bolo.

Devemos pegar os problemas do dia a dia e transformar em um algoritmo, assim facilitando nosso cotidiano em algumas tarefas.

Como se faz um algoritmo?



Abaixo estão listados alguns passos importantes para a escrita de um algoritmo computacional:

1. Preste atenção à ordem lógica da execução das tarefas;
2. Lembre-se de que ele deve ter um início e fim;
3. Ele deve ser completo;
4. Deve ter um alto nível de detalhes;
5. Cada tarefa é uma instrução, assim, defina-a bem.

Fonte: Autor (2023)

A iniciativa, não descrita no planejamento, mostra uma oportunidade para que os professores insiram a ação no escopo das atividades propostas. Desta forma, os estudantes poderiam produzir materiais que serviriam para uma próxima turma, articulando outras habilidades e componentes curriculares.

A segunda parte da microfase aconteceu com a apresentação dos componentes eletrônicos utilizados durante o curso, onde os conceitos vistos anteriormente seriam aplicados. Aqui, o professor responsável faz a exposição do simulador *Tinkercad*, sendo um momento que o aluno visualiza a tecnologia e começa a construir ou desconstruir conhecimentos, como mostra o Protocolo 2:

Protocolo 2 - Extrato da gravação da aula durante o primeiro módulo do curso no Liceu de Caucaia - CE

(...)

PROF-D: Ta ligado como alto, alto, né?! Pino 7, definir pino 7 como alto. Então você está dizendo o que? Você vai deixar elétrons passar por esse caminho que você habilitou, é como se estivesse fechado a porta quando você coloca lá como “alto” você está abrindo a porta para os elétrons percorrer por esse caminho, por esse fio. Eles vão percorrer, vão passar na resistência e vão chegar no *led*, vão passar pelo *led*, percorrer o *led*, aí vai acender o *led*. Então é basicamente isso, o “alto” que tá escrito quer dizer que “abrir a porta”, né?! Para os elétrons passarem por essa...

(...)

PROF-B: Mas porquê...

EC01: **A programação está falando “definir como alto” aí já entendeu, mas como “baixo” que está embaixo é pra haver repetição, é isso ou não?!**

PROF-B: baixo é resistência, aqui oh...

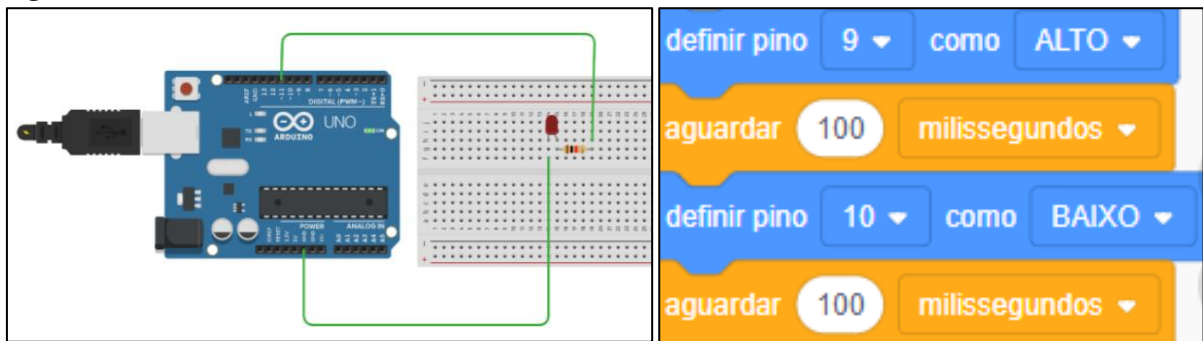
PROF-D: baixo é desligar!

EC01: Mas por que baixo?

PROF-D: Alto é ligar a passagem.

A interrogação do aluno EC01 [em destaque] diz respeito à montagem dos blocos de programação e se o pino está configurado como baixo simplesmente por está embaixo. Assim, os professores orientam que está relacionado ao estado de fechado/desligado, impedindo a passagem de corrente elétrica, o que faz o *led* apagar. As interrogações dos alunos ajudam a consolidar o conhecimento a partir de orientações e direcionamentos que partem do professor, podendo acontecer a solução de questionamentos a partir da interação com os grupos de alunos, imprimindo na atividade um espírito coletivo. No circuito proposto foi montado um *led* em uma protoboard e um Arduino, de acordo com a figura 12.

Figura 12 – Circuito e *sketch* em bloco criado no *Tinkercad*



Fonte: Autor (2023)

A dúvida elencada pelo aluno permite compreender que a palavra “baixo” ganhará um novo significado. Essas interações entre os conhecimentos prévios e novos trarão uma maior estabilidade cognitiva para os estudantes (MOREIRA, 2010). Conhecendo as tecnologias que serão trabalhadas, os alunos precisaram migrar para a próxima microfase, onde, a partir de uma transição, começaram a experimentá-las a partir de uma exploração. Além do professor apresentar, é o momento de os alunos testarem os componentes além do exposto, mudando a cor dos *leds* ou inserindo no circuito outros componentes que ainda não foram explanados, por exemplo.

O diálogo a seguir mostra o aluno EC02 acompanhando o professor apresentar o recurso tecnológico ao mesmo tempo que reproduz no seu computador. O EC02, dispondo da tecnologia, levanta alguns questionamentos relacionados ao resistor, como poderia fazer para alterar sua resistência na vida real. Neste momento, os alunos estão saindo da primeira microfase e iniciando a experimentação, verificando novas situações. Todo o processo é regido pelo professor pesquisador, exercendo um controle sobre as situações. Observa-se em alguns alunos, a necessidade de ir além, movidos pela curiosidade, mostrado no diálogo no protocolo 3:

Protocolo 3 - Extrato da gravação da aula durante o primeiro módulo do curso no Liceu de Caucaia - CE

(...)

EC02: Se mudar muda?

PROF-D: Eles estão testando aí a mudança das cores.

EC02: Professor, se botar um zero fica... muda...

PROF-D: Isso, exatamente.

PROF-B: Ah, é porque eles mudaram as cores só por mudar...

PROF-D: ah, foi?!

PROF-B: Foi, só pra deixar mais bonito.

PROF-D: foi? só que na hora não vai funcionar!

PROF-B: Gente, essa tabelinha vocês encontram na internet! Próximo passo gente, se não a gente não termina hoje.

PROF-D: o *Led* está aqui na posição, da mesma forma, tem um polo positivo e um polo negativo...

Aluno: ah, a potência para não queimar, né?!

(...)

aluno: oh, tia... pode mudar a cor do *led*?

PROF-D: pode mudar a cor?

aluno: pode mudar a cor?

PROF-D: Pode mudar a cor, mas assim, pra ficar mais fácil pra todo mundo, vamos manter o vermelho.

aluno: oi...

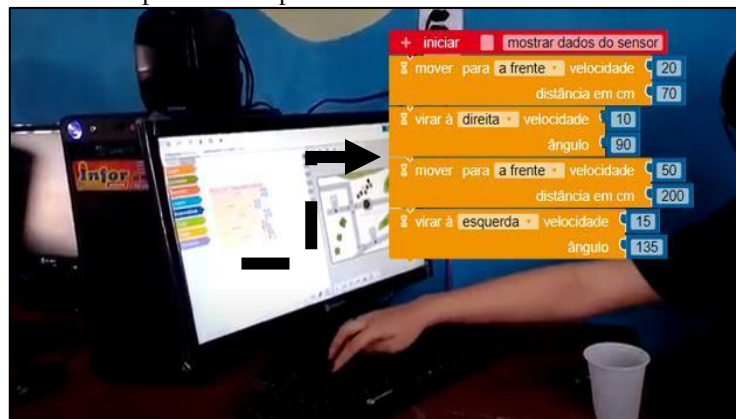
PROF-B: como que liga um RGB?

PROF-D: o RGB é mais pra frente, viu?! agora a gente no modo simples.

Os estudantes podem agora explorar os recursos, sempre com o auxílio do professor pesquisador, como é visto no protocolo 3. No diálogo específico os participantes estavam acompanhando e criando o circuito e *sketch* para acionamento de um *LED*. Os alunos, diante a diversidade de botões e alternativas, desejam explorar as opções alternativas, particularizando seus primeiros protótipos virtuais, sendo percebido nos trechos “Eles estão testando aí a mudança das cores” e “pode mudar a cor?”. Apesar da liberdade, as explorações são controladas, como o desejo do aluno em ligar o RGB sendo prorrogado pelo professor.

Outro recurso auxiliar para a exploração foi o *Open Roberta*, que é um simulador virtual que permite a programação em blocos. As duas atividades propostas para a turma foram a construção de um quadrado e a movimentação de um carro até chegar a um pátio. Na figura 13, as alunas EP01, EP05 e EP06 desenvolvem um algoritmo (em destaque) que tentará levar o carro até o estacionamento. Utilizou-se o modelo de carro robô EV3, no qual os estudantes poderiam ficar livres para fazer a programação como desejassem.

Figura 13 – Código desenvolvido pelas alunas para movimentar o carrinho

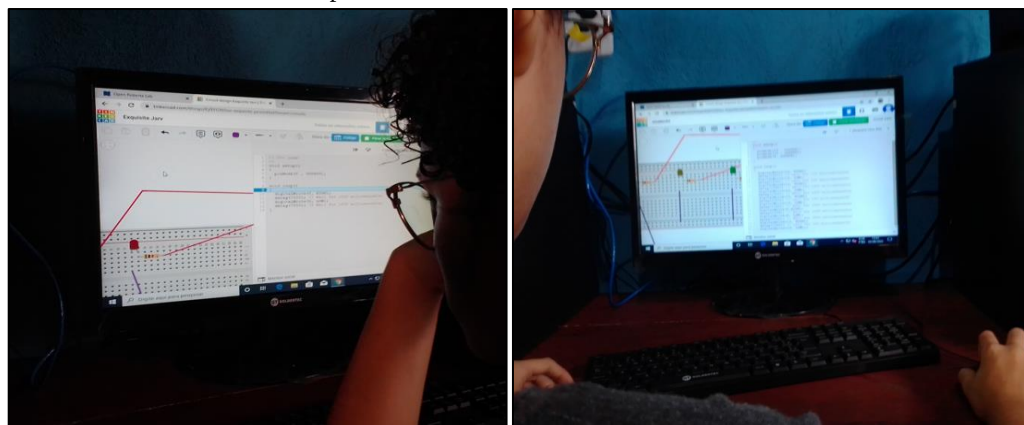


Fonte: Autor (2023)

A construção do código através dos blocos é por tentativa e erro. Foi necessário inúmeras tentativas até que os alunos convertessem as medidas reais a do simulador, que utiliza a unidade de medida centímetro, respeitando a proporcionalidade exigida. Para a mudar a direção do veículo também precisaram de testes até compreenderem quantos graus seriam suficientes para o carro robô realizar o giro corretamente. Tais atividades estimulam a autonomia e protagonismo dos estudantes, tornam-se atores principais celebrando quando o código é correto, fazendo o robô movimentar-se pelo percurso imposto.

Com o avanço na exploração da tecnologia os alunos começam a reproduzir projetos e protótipos. Uma das atividades que podem exemplificar é a criação de um circuito de *led* e seu *sketch*. O primeiro passo foi criar com os alunos o circuito, com ele pronto e funcionando, os estudantes são desafiados a adicionar um segundo *led*, até chegar ao terceiro, para assim formar um semáforo, como mostra figura 14.

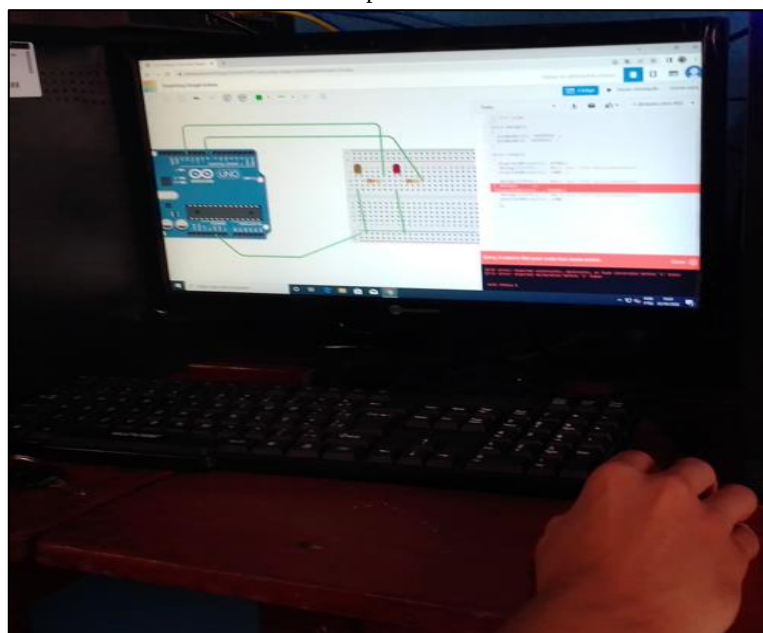
Figura 14 – Circuito e *sketch* sendo reproduzidos



Fonte: Autor (2023)

A atividade aparentemente simples envolve complexos que precisam de atenção. Um dos erros comuns detectados foram problemas relacionados à sintaxe da linguagem de programação, ausência de sinais de pontuação ou digitação incorreta de funções dificultaram a continuação da atividade. Tal questão pode ser corrigida pelo uso da programação em blocos, como aconteceu na turma do Ceará. Destarte, era construído o *sketch* em blocos e posteriormente convertidos, fazendo os alunos terem um processo paulatino para conhecer as funções do programa e não ter que decorar de imediato. Uma das alternativas para que os alunos desenvolvessem a autonomia foi o pedido constante para buscarem com seus pares o código e tentar encontrar por si só os erros e corrigi-los. A figura 15 mostra um dos erros, indicados por uma tarja vermelha e a mensagem com fundo preto abaixo, nessa parte os alunos ainda estão utilizando similares.

Figura 15 – Criação de Circuito e *sketch* com detalhe para o erro



Fonte: Autor (2023)

Na microfase Reprodução os alunos partem de uma simples exploração e começam a identificar mais elementos e componentes para testar, lidando também com os erros que são comuns na programação. O entusiasmo e engajamento do estudante nessa fase é importante para que ele se aproprie dessa tecnologia. Nisto, a apropriação é a próxima micro fase, onde já iniciam o processo de domínio e internalização dos processos e recursos, significando os protótipos elaborados. Corroborando com a conceituação de domínio, Papert (1985), ao abordar o domínio sobre as poderosas máquinas ao aprender a programá-las, afirma que

[...] ela adquire um sentimento de domínio sobre um dos mais modernos e poderosos equipamentos tecnológicos e estabelece um contato íntimo com algumas das ideias mais profundas da ciência, da matemática e da arte de construir modelos intelectuais (*Ibidem.*, 1985, p. 17)

Não são apenas três *leds*, mas um semáforo com uma função social. O aluno deve ser levado a pensar nas possibilidades sociais da sua criação, não apenas um objeto alheio e sem sentido. Para isso, precisa se apropriar da tecnologia e dominá-la para vislumbrar suas diversas possibilidades. No protocolo 4, o estudante EC01 é levado a pensar sobre as possibilidades de uso do seu protótipo. A reflexão sobre a utilidade prática dos protótipos porque fazem com os alunos iniciem o processo de significação do artefato.

Protocolo 4 – Extrato da gravação da aula durante o primeiro módulo do curso no Liceu de Caucaia - CE

(...)

PROF-C: E... e tu consegue já pensar em aplicações para isso que você está aprendendo? Ou ainda não? Por que também não obrigado tu pensar, tá?!

EC01: Mais ou menos...

PROF-B: No dia a dia tu acha que essa lógica aí é usada em quê?

EC01: **Pode ser aquele negócio que a *negada* falou sobre poste. Poste de luz pode acender no escuro?**

PROF-C: Pronto, olha aí o poste, poste pode acender só quando ficar escuro. Isso já acontece, né?!

PROF-B: É, já... já acontece!

EC01: É, basicamente é isso!

PROF-B: Aí o semáforo também tem... por que não liga tudo de uma vez?

EC01: Por causa que tem um *timezinho* que está bem voltado nessa parte aqui

PROF-B: Aí nessa parte...

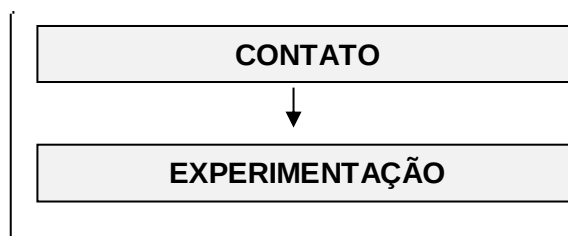
EC01: Bem nessa parte do... *cumo é?*

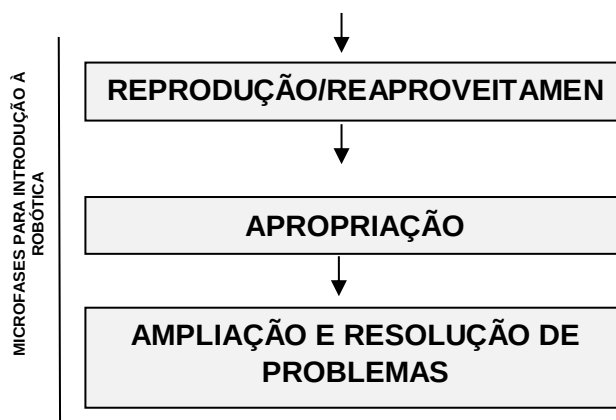
PROF-B: Tu acha que a parte que controla o tempo, o vermelho fica aceso e os outros apagados vai ser aonde?

EC01: Aqui, oh! No caso dos milissegundos e segundos, aí esse 100 é como se fosse um tempo onde ele vai... ele é programado para ficar.

É importante que o artefato tenha um significado, uma utilidade, não pode estar restrito a um emaranhado de fios conectados a uma placa de circuitos. Desta forma, no protocolo 4, a professora estimula o aluno EC01 a atribuir significados ao seu protótipo. Na mesma linha, Valente (1995) concorda que os problemas a serem trabalhados tenham significados. A associação imediata parte de discussões que aconteceram durante as microfases anteriores. Neste ponto, é importante destacar que novas possibilidades podem acontecer fazendo com que o aluno inicie uma ampliação. As possibilidades de uso e construção de novos protótipos em função de necessidades reais tornam-se uma âncora para o surgimento de projetos durante a atividade do curso. Para tanto, a última microfase está intrinsecamente ligada à anterior, sendo a ampliação e resolução de problemas. Os alunos estarão aptos para discussões sobre os problemas e a partir dos conhecimentos já adquiridos podem usar as ferramentas que estão à disposição.

Figura 16 – Quadro teórico para a efetivação da prática da RE como ferramenta de ensino





Fonte: Autor (2023)

As microfases são os estágios identificados durante a prática que tem a função de preparar os alunos para identificar e resolver problemas a partir de protótipos em Arduino que mobilizam os conceitos, habilidades e competências dos componentes curriculares próprios da BNCC. Nesta direção, o trajeto a ser percorrido engloba a Matemática presente nos fios que surgem durante as atividades propostas. Diante a identificação das microfases, entende-se agora que coexistem associações com os referenciais curriculares, aqueles que ditarão os caminhos a serem percorridos no contexto escolar.

Para tanto, a próxima subseção abordará os elementos comuns entre a RE e as competências gerais e específicas da área de Matemática, considerando a realização de atividades.

4.1.3 Robótica Educacional: ambiente de desenvolvimento de aprendizagens

As atividades que englobam a RE podem estar associadas ao desenvolvimento de elementos exigidos em referenciais curriculares. Inevitavelmente as práticas perpassam a BNCC e provocam movimentos significados uma vez que estão relacionadas ao meio dos estudantes, assim, a prática da RE não é isolada, um fim em si mesma, mas alcança as problemáticas que cercam as suas vidas. Neste aspecto, considerando as divisões dos documentos normativos, entende-se que a RE pode favorecer a articulação dos diferentes componentes curriculares, possibilitando trabalhos conjuntos.

A própria configuração da sala de aula, vista como um “espaço privilegiado (...) [que] nos remete a um professor na nossa frente, a muitos alunos sentados em cadeiras olhando para o professor” (MORAN, 2004, p. 3), é alterada, tendo a necessidade de novos contornos. Não é mais possível a manutenção de alunos fixos e bancos de conhecimento, descritos por Freire (2005), a inação ou docilidade é quebrada pela necessidade do movimento e há uma expansão

para além do espaço físico. As áreas externas físicas ou virtuais precisam ser alcançadas, a conjuntura de conhecimentos delimitados não é mais suficiente para resolver os problemas ascendidos. As atividades como construção de uma guia para deficientes visuais, sensores de temperatura, umidade e radiação solar exigiram muito mais que meros conhecimentos já adquiridos. Foram necessárias buscas na internet e nos espaços alheios à sala para que assim conseguissem efetivar a proposta.

Nesse estágio, denominado microfase de ampliação, os alunos já se sentem autônomos para realizar as pesquisas necessárias, compreendendo que eles mesmos podem solucionar as demandas. Tal fato pode ser visto como mostra um dos diários de bordo do pesquisador (Protocolo 5).

Protocolo 5 – Relato de experiência durante o primeiro módulo no Piauí

Dos alunos presentes, um total de 7 conseguiram montar a programação do led, e um deles sugeriu um semáforo, que fazia parte da proposta, inclusive o aluno EP08 junto com o EP05 tentaram montar o led RGB e perguntaram como seria, respondi para eles buscarem na internet e tentarem montar. Teve um questionamento em relação ao milissegundo, se era um segundo, aí foi dito que não, que na verdade são mil milissegundos para formar um segundo. Outra questão foi se correspondia a um segundo de verdade e foi pedido para verificarem, percebendo quando colocaram o led para acender e desligar com intervalo de 10 mil milissegundos. Uma das respostas foi: *Ah, professor, bateu! É dez segundos mesmo (EP07).*

Assim sendo, concatena-se com o disposto na BNCC, onde, dentre as competências exigidas, os alunos devem conseguir “(...) acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.” (BRASIL, 2018, p. 9). A atividade descrita, exigia conhecimentos que não estavam no ambiente da sala de aula, foi necessário a organização de uma série de informações para que assim chegassem ao protótipo. Neste sentido, os alunos envolvidos nas atividades agiram de forma autônoma, entendendo que precisavam ir além do que o professor informou.

O desenvolvimento de competências como autonomia, protagonismo e autoria, pessoal e coletiva, se deu a partir da vinculação do nome do aluno ou dos alunos ao artefato que estavam produzindo, inicialmente uma entidade digital, mas que ia se materializando. Esse fluxo de trabalho, do digital ao material, ou vice-versa, dava aos participantes a apropriação imediata da tecnologia, agora não era mais um objeto estranho, mas uma placa eletrônica que pode ser programada ou desprogramada para atender as necessidades dirigidas durante as atividades do curso. A efetivação pode ser observada na figura 17, onde os alunos, ao produzirem os *sketches*, já inserem o seu nome, identificando-os como autores do código e circuito, se tornando autores

de tecnologias (ALVES *et. al.*, 2020). Apesar de alguns códigos serem provindos da internet, sempre houve a necessidade de alterações para que se adaptassem ao circuito, como mudanças nos nomes de variáveis ou portas digitais/analógicas.

Figura 17 – Cabeçalho do *sketch* produzido pelas alunas

```
//Programa para acender as luzes com palmas
//Vitoryana - Francielle - Nikole - Rayssa
int pinosom = 7; //pino para o buzzer
int pinorele = 5;    //rele
boolean rele = HIGH;

void setup() {

  temperatura_murici_VITORYANA_COSTA$
//CRIADO POR VITORYANA COSTA
//MURICI DOS PORTELAS
//SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE COM ACIONAMENTO DE LEDS

#include <dht.h>

#define pinoDHT11 A2
#define tmp 2000
```

Fonte: Autor (2023)

Tais atividades mostram que o aluno, pela RE, desenvolve a autonomia, exerce o protagonismo e a coletividade. Alcançando os objetivos deste trabalho, é de interesse discorrer sobre a Matemática que é possível ser alcançada, para tanto, importa falar do pensamento matemático (PM). Desta forma o PM, que a BNCC busca desenvolver é subdividido em outros pensamentos: numérico, algébrico, geométrico, proporcional e computacional. Destaca-se ainda as propostas de uso das tecnologias, como calculadoras e softwares de escritório.

Por assim ser, a Matemática possui diferentes campos que reúnem um arcabouço de ideias, ditas fundamentais, que produzem articulação, sendo eles: equivalência, ordem, proporcionalidade, interdependência, representação, variação e aproximação (BRASIL, 2018). Essas ideias, na escola, são reconhecidas como objetos de conhecimento tendo seu papel na aquisição das competências específicas. Essa configuração proposta pela BNCC visa garantir que os alunos tenham as aprendizagens garantidas, sendo um dos instrumentos para garantir a equidade.

Após o EF, o estudante ampliará e aprofundará as aprendizagens essenciais - desenvolvidas até o 9º ano – no Ensino Médio (EM). Em um processo de continuidade, o foco do EM passa ser a construção de uma visão integrada do que vem a ser a Matemática, tomando como referência a realidade a partir das vivências cotidianas dos alunos (BRASIL, 2018).

Na próxima seção, será discorrido como os conhecimentos matemáticos emergem nas atividades que envolvem a prática da robótica.

4.2 A emersão dos conceitos matemáticos: um percurso dos primeiros protótipos físicos aos simuladores

Nesta seção será apresentado as fases da AC que compreenderam a pesquisa, tendo como objetivo a identificação dos conhecimentos matemáticos mobilizados nas atividades de RE. De acordo com Bardin (1979), AC busca a formação das categorias que serão substrato para as análises. Posto isto, através da pré-análise e exploração do material foram criadas 4 categorias intermediárias: Saberes Matemáticos; Objetos Matemáticos; Técnicas Matemáticas e Conceitos Matemáticos.

A partir de então, foram reorganizadas e geraram as categorias finais: Conhecimentos Matemáticos Aprendidos e Conhecimentos Matemáticos Acessados. A primeira diz respeito a conhecimentos que os alunos aprenderam ou ampliaram durante as aulas do curso, já a segunda corresponde aqueles que os alunos tiveram que manipular para resolver problemas. O tratamento dos resultados, última fase da AC, permitiu conceber que é evidente que a robótica educacional mobiliza conhecimentos matemáticos.

Buscou também visualizar os conhecimentos matemáticos que emergem de práticas com simuladores, no caso do *Open Roberta*, sendo identificados conhecimentos relacionados a Geometria, Unidades de Medida e Cálculo por Estimagem.

4.2.1 Da Matemática presente

Em relação aos conhecimentos matemáticos intrínsecos na prática da RE com Arduino, a análise foi dividida em duas partes de acordo com o instrumental utilizado, a primeira, composta por materiais de texto e uma segunda representada pelos registros fotográficos e vídeos que não foram transcritos, os pormenores serão abordados no transcorrer deste texto. O ambiente que está na base do estudo é um curso realizado nas cidades de Caucaia-CE e Murici dos Portelas-PI. Esta segunda, apresentará um terceiro ambiente, que são as oficinas realizadas pelos participantes do curso para alunos de uma unidade escolar da cidade.

Esta pesquisa envolve os elementos matemáticos presentes na prática da RE e está amparada na Análise de Conteúdo, que busca, a partir dos materiais coletados, organizados e analisados, evidências explícitas e/ou implícitas, que carregam significações perpassando a criticidade a partir de elementos primordiais, como objetivos e hipóteses. Para tal, esta será dividida em três fases, de acordo com Bardin (1979), a saber:

- a) **Pré-análise:** Leitura Flutuante, seleção dos documentos que serão submetidos à análise, formulação das hipóteses e objetivos, e elaboração dos indicadores que fundamentaram as fases seguintes, assim formando um *corpus* para a pesquisa.
- b) **Exploração do material:** Sistematização do material bruto em recortes que darão sentido à análise por meio de uma codificação, definição das unidades de contexto (UC) e registro (UR), eixos temáticos e categorias em um processo de categorização.
- c) **Tratamento dos resultados, inferência e a interpretação:** Direcionamentos que os resultados apontam, discussão e conclusão da Análise de Conteúdo.

Assim, será apresentada adiante as fases da Análise de Conteúdo a partir dos movimentos de pré-análise, codificação, categorização, inferências e interpretação dos resultados.

4.2.1.1 Pré-análise

Na primeira fase, inicialmente foi realizada uma leitura flutuante, que busca a intimidade entre os objetivos de pesquisa e o texto a partir de recortes, “deixando-se invadir por impressões, representações, emoções, conhecimentos e expectativas” (FRANCO, 2008, p. 52). O processo foi realizado considerando a parte textual dos documentos e as fotografias e vídeos que não foram objeto de transcrição, entendendo que existem mensagens, às vezes implícitas. Nesse preâmbulo, é estabelecido o contato com os dados, não se trata de uma leitura superficial, mas exaustiva, onde termos, conceitos e conteúdos entram em evidência.

Assim, foram escolhidos os questionários iniciais, finais e atividades aplicadas pela plataforma *Google Formulários®*, diários de campo, transcrições de vídeos durante as aulas e da entrevista final, tendo como participantes apenas alunos do Piauí, além das fotografias e vídeos não contidos na primeira parte. Utilizou-se da regra exaustividade, que exige que todo e qualquer documento dentro do escopo proposto esteja disponível para as próximas fases, regra da representatividade, no qual devem corresponder ao objetivo que suscita a análise e a regra da homogeneidade, em que todos os documentos têm a mesma natureza (BARDIN, 1979), sendo questionários iguais e nas mesmas condições de aplicação para todos os participantes, para que as observações do pesquisador na análise das mídias não conflitem com os demais.

No mesmo contexto, a regra da pertinência impôs que o *corpus* fosse formado apenas pelos documentos que, de fato, fossem analisados. Tal movimento aconteceu principalmente em relação às imagens e vídeos, no qual foram incluídos aqueles que atenderam aos objetivos propostos. A partir das disposições acima, foram elencados os objetivos e as hipóteses corroborando com o objetivo da pesquisa.

Para tanto, é objetivo da análise, identificar e refletir sobre os conhecimentos matemáticos que são mobilizados pelos alunos a partir de atividades que envolvem a Robótica Educacional utilizando a plataforma de prototipagem Arduino. Leitão (2010) aborda essa Matemática a ser identificada como “‘Matemática oculta’, aquela que não aparece em um enunciado, que não se segue nos livros, mas que se origina em uma situação, que em nosso caso foi o trabalho com os robôs” (*Ibidem.*, p. 76). O sentido de plataforma aqui, envolve todo o ambiente, com simuladores, componentes e o próprio microcontrolador.

A leitura flutuante gerou diversos questionamentos apontando caminhos, neste sentido, evidencia-se que os alunos conseguem identificar, por si só, conceitos matemáticos mais diretos, principalmente aqueles que já viram na escola. No entanto, pode ser percebido que foram necessários a utilização de conhecimentos, provindos da Matemática, utilizados no subconsciente. É importante retomar que existem duas frentes: textos e mídias. Ambas contribuíram para que as respostas emergissem.

Consubstanciado objetivos e hipóteses, aporta-se na definição dos índices, que são fragmentos do texto balizados pelo objetivo e que tem um significado para a formulação das unidades de contexto e registro, isto é, “elementos de marcação para permitir extrair das comunicações a essência de sua mensagem” (SOUSA; SANTOS, 2020, p. 1407), a frequência com que esses recortes aparecem formam os indicadores. Portanto, os índices serão compostos por palavras ou expressões que remetem aos conceitos matemáticos. Como referência, será utilizado a BNCC, para que os tópicos ou conteúdos estejam alinhados com os documentos reguladores da educação brasileira.

4.2.1.2 Exploração do Material

O montante de documentos da pré-análise foi organizado em 135 pastas, totalizando mais de 15 Gb, distribuídos em 1200 arquivos, entre textos, áudios, imagens e vídeos. Com esta fase completada e um *corpus* formado, adentra-se na exploração do material, buscando os significados que os participantes da pesquisa deixam nos registros. Este é o momento de identificar ideias que se repetem, gerando significados à pesquisa e definindo categorias. Nesta etapa, constata-se as unidades de registro, que são significados extraídos das unidades de contexto e possibilitam uma contagem frequencial. Já as unidades de contexto enquanto unidades de compreensão permitem “codificar a unidade de registro que corresponde ao segmento da mensagem, a fim de compreender a significação exata da unidade de registro” (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011, p. 735).

Para facilitar a análise, os materiais foram separados em quatro blocos, acompanhados de um número, indicando sua ordem. O primeiro bloco a ser analisado é composto de dois questionários aplicados no início e final do curso pelo *Google* Formulários, o segundo, chamado de bloco II, contém a transcrição das entrevistas, o terceiro, transcrições de vídeos e, por fim, o último, englobando a análise das imagens e vídeos não transcritos. Cada aluno recebeu uma enumeração, considerada também uma unidade, de acordo com Queirós e Graça (2013). Serão apresentados todos os quadros correspondentes à formação das unidades de registro e contexto, sendo feito, ao final, um quadro com a frequência das unidades de registro e prosseguimento do processo de categorização.

No bloco I, as perguntas exploraram possíveis conhecimentos matemáticos utilizados para realizar alguma atividade com o Arduino na visão dos alunos, a identificação, resposta na íntegra aos questionamentos e unidades de contexto e registro (Quadro 11). Assim, parte de uma resposta na íntegra, sendo separado um recorte (UC) e dado um sentido (UR), a fim de significar e favorecer o processo de categorização.

Quadro 11 – Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco I

BLOCO I: QUESTIONÁRIO SEMANA I			
Você aprendeu algo de matemática durante a primeira semana?			
ID	RESPOSTA NA ÍNTEGRA	UNID DE CONTEXTO (UC)	UNID DE REGISTRO (UR)
EP01	A utilização de números, os milissegundos transformados em segundos.	utilização de números, os milissegundos transformados em segundos	Mudança de Medida
EP02	Transformar os minutos em segundos	Transformar os minutos em segundos	Mudança de Medida
Que conceitos matemáticos precisamos saber para construir um sensor ultrassônico?			
ID	RESPOSTA NA ÍNTEGRA	UNIDADE DE CONTEXTO	UNID DE REGISTRO
EP01	Não sei.	Não sei.	NI
EP02	É preciso ter uma noção de centímetros em metros	noção de centímetros em metros	Mudança de Medida
QUESTIONÁRIO FINAL PARA OS ALUNOS QUE PARTICIPARAM DO CURSO			
Em algum momento da execução das atividades saber alguma coisa de matemática foi importante? Que conhecimento precisou utilizar?			
EP01	Sim, matemática básica, conversão de milissegundos em segundos, porcentagem	matemática básica, conversão de milissegundos em segundos	Mudança de Medida
	Sim, matemática básica, conversão de milissegundos em segundos, porcentagem	matemática básica, conversão de milissegundos em segundos, porcentagem	Porcentagem
EP06	Conhecimentos, conhecimentos eu não tinha, mas, quando comecei a executar essas atividades eu aprendi várias coisas e causas.	SR	SR
EP02	A matemática estava presente mas nem tão perceptível	Matemática estava presente mas nem tão perceptível	NI
EP10	Sim. Em relação aos ângulos etc.	Em relação aos ângulos	Angulação
QUESTÃO: Você precisou recorrer a algum conceito matemático para resolver o problema? Descreva.			

EP01	Não	SR	NI
EP06	Códigos e códigos...	SR	NI
EP02	Sim.. ângulos	ângulos	Angulação
EP10	Sim, foi mais para a configuração dos tempos de cada componente do projeto.	mais para a configuração dos tempos de cada componente do projeto	Medir
Você consegue identificar os conhecimentos matemáticos que necessitou para construir esse protótipo? Cite quais			
EP01	Conversão de segundos e lógica	Conversão de segundos	Mudança de Medida
	Conversão de segundos e lógica	Conversão de segundos e lógica	Lógica
EP06	Não consigo identificar, pois não fiz parte deste projeto.	Não consigo identificar	NI
EP02	Na programação do delay	Na programação do delay	Medir
EP10	Não..	Não..	NI
Você consegue identificar os conhecimentos matemáticos que necessitou para construir esse protótipo? Cite quais			
EP01	Metros e centímetros	Metros e centímetros	Medir
EP06	Não	Não	NI
EP02	Nos ângulos	Nos ângulos	Angulação
EP10	Não	Não	NI
Você consegue identificar os conhecimentos matemáticos que necessitou para construir esse protótipo? Cite-os.			
EP01	Não	Não	NI
EP06	Metros e centímetros	Metros e centímetros	Medir
EP02	Noção em metros	Noção em metros	Medir
EP10	Igualmente ao anterior.	Saber a medida de distância.	Medir

Fonte: Autor (2023)

As unidades de registro carregam a essência das respostas que corroboram com os objetivos, clarificando as fases ulteriores. De acordo com o Quadro 11, apresentado anteriormente, das 23 respostas de um total de 4 alunos, foram geradas 15 unidades de contexto, obtendo 5 unidades de registro, organizadas por meio do *Microsoft Excel®*, sendo realizado um tratamento, que de acordo com Bardin (1979) é o processo de codificação. A mesma autora ainda argumenta que é uma transformação dos dados brutos, seguindo regras precisas, seja por recorte, agregação e enumeração, permitindo "atingir uma representação do conteúdo (...) suscetível de esclarecer o analista acerca das características do texto" (BARDIN, 1979, p. 103). Dentre as respostas, alguns alunos não conseguiram responder, sendo atribuído o código NI (Não Identificado), em outros casos os alunos não responderam as questões, sendo preenchido o espaço com SR (Sem Resposta), não sendo consideradas como unidade de registro ou contexto e sendo aplicado em todos demais os blocos.

A não identificação por parte dos alunos pressupõe um conjunto de fatores, desde a motivação para as atividades de robótica, não assiduidade até a prática corriqueira que determina que o conhecimento matemático está e pertence somente ao professor. Tais aspectos

podem ser explorados a fim de determinar as causas do não reconhecimento dos elementos da Matemática, porém não sendo objeto deste estudo.

O bloco II corresponde às questões recortadas da entrevista final, realizada com 8 alunos da turma do Piauí, utilizando um questionário semiestruturado, contendo 27 questões, das quais apenas 5 atendem as exigências elencadas nesta seção, sendo elas: a) O que você percebeu de Matemática no projeto?; b) Conseguiu enxergar a Matemática nas atividades de formulação/ identificação/ solução dos problemas?; c) O que havia de Matemática no seu protótipo?; d) O que você aprendeu de Matemática durante as atividades do projeto?; e) Qual foi a maior contribuição da Matemática para o seu projeto? As respostas foram dispostas sem associação com as perguntas, considerando que a parte relevante é a formação das unidades de significação. Foi trazido as respostas na íntegra por participante, as unidades de contexto e registro, mostrando que o movimento de categorização, a partir de recortes começam a ganhar significados (Quadro 12).

Quadro 12 – Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco II

Bloco II: entrevista final				
Perguntas relativa à matemática presente no curso e nos protótipos que participaram				
Id	Pergunta	Resposta na íntegra	Unid. de contexto	Unid. de registro
EP01	B	Quando precisava de... Ham... de coletar dados, aí precisava transformar em porcentagem também.	coletar dados, aí precisava transformar em porcentagem também	Porcentagem
			coletar dados	Coleta
	C	Não lem... Acho que era só na questão de saber qual o número colocar mesmo quando ia montar, sabe?!	saber qual o número colocar mesmo quando ia montar	Associações
	D	Sim, eu aprendi a fazer porcentagem que eu não sabia, né.	aprendi a fazer porcentagem que eu não sabia	Porcentagem
	E	Porque robótica basicamente tá ligado em matemática. Tem que saber fazer umas continhas básicas assim. Normalmente na escola ninguém quer aprender.	continhas básicas	Operações
			Dados, Porcentagens	Dado Porcentagem
EP02	A	Acho que não. Não tanto.	Acho que não	NI
		Sim, com certeza alguns números, mas não tanto de matemática assim de soma, divisão.	alguns números, mas não tanto de matemática assim de soma, divisão	Números
	A	A questão dos ângulos? É verdade.	A questão dos ângulos	Angulação
	D	Mais na noção do <i>delay</i> , que tinha que saber os segundos em minutos, mas era só isso, a gente precisava saber que 1000 segundos era 1 minuto (quis dizer	noção do <i>delay</i> , que tinha que saber os segundos em minutos, mas era só isso, a gente precisava saber que 1000 segundos era 1 minuto	Mudança de Medida

		1000 milissegundos era um segundo).		
EP04	A	Na hora de fazer os programas, precisava, né, usar o uso da, vamos dizer, da matemática.	fazer os programas, precisava da matemática.	NI
	D	Aí, no caso, porcentagem está praticamente em todos...	caso porcentagem está praticamente em todos.	Porcentagem
		Porcentagem?! Consegui entender um pouco mais.	Porcentagem	Porcentagem
EP06	A	Aquele negocinho lá que tem, tempo, temperatura...	tempo, temperatura...	Medir
	B	Os códigos.	Os códigos.	Lógica
EP07	A	Não.	Não.	NI
EP08	A	Sim, muita.	Sim, muita.	NI
		Nos códigos, na física.	Nos códigos, na física.	Lógica
	B	Que eu percebi assim não muito	Que eu percebi assim não muito	NI
EP09	A	Na primeira parte que você falou sobre o ângulo de 90 graus.	ângulo de 90 graus.	Angulação
EP10	A	Eu acho que... acho que sim. Precisa <i>de coisa</i> de matemática.	Precisa <i>de coisa</i> de matemática.	NI
		A questão do número.	questão do número	Números
	A	O... os graus, os graus.	os graus	Angulação
		Da temperatura (risos).	temperatura	Medir
	B	Sim. A questão do minuto, é complicada.	A questão do minuto	Medir
EP11	B	Consegui!	Consegui!	NI
		Os pinos, que precisava calcular para não fazer errado.	precisava calcular para não fazer errado	Operações
		Por exemplo, no abajur, a gente calcular direitinho os segundos que tava acesso e tava apagado para não dar erro no código.	gente calcular direitinho os segundos que tava acesso e tava apagado para não dar erro	Medir
	C	Não, foi a matemática básica.	matemática básica	NI

Fonte: Autor (2023)

A entrevista final trouxe 5 perguntas alinhadas aos objetivos da pesquisa, no entanto, alguns alunos não responderam na sua totalidade, a exemplo o aluno EP07, relando que não havia reconhecido nenhum tópico de Matemática durante o curso. Já os alunos EP08 e EP10, alegaram que sim, havia muita Matemática, no entanto não especificaram e a aluna EP11 mencionou a Matemática Básica, entendida neste trabalho enquanto o conhecimento dos números naturais e operações.

A exclusão de algumas respostas se deu, principalmente, por não trazer contributos às questões indagadas, em que os alunos levantaram argumentos dissociativos e irrelevantes, como a resposta da Aluna EP11, ao apresentar a “Matemática Básica”. Neste caso, não há uma especificação, podendo a aluna está se relacionando a qualquer definição ou técnica. Surgem, neste bloco, unidades de registro ainda não identificadas, como dados, associações e números.

O bloco III trouxe o consolidado das transcrições de vídeos e diários de campo. A leitura flutuante permitiu a sistematização excluindo elementos não importantes. Foram destacadas 52

UC, sendo organizadas em 12 UR, entre novas e as já identificadas nos blocos anteriores (Quadro 13).

Quadro 13 – Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco III

Bloco III: Consolidado das transcrições e diários de campo	
Termos matemáticos encontrados nas transcrições e diários de campo	
Unidade de contexto	Unidade de registro
Dez centímetros	Medida
Dez centímetros é mais ou menos quanto	Medida
é mais, é mais	Estimativa
15 centímetros, professor	Medida
é isso, mais ou menos 15	Estimativa
15 centímetros ou um pouquinho mais	Estimativa
Então 15? a metade da régua né	Associações
distancia mínima	Estimativa
tem que ter um intervalo	Intervalo
distância do bastão	Medir
entre 15 e 30	Intervalo
80 centímetros	Medida
são 15, seria a distância mínima	Associações
a distância máxima, seria 30	Associações
seria 10	Medida
seria até uma distância menor	Estimativa
distância de segurança	Estimativa
então poderia ser... 5	Medida
estiver a 30	Medida
distância do sensor	Medir
a mínima dele são 2 cm	Medida
ângulo de 30° e vai abrindo	Angulação
Verdade, a questão da angulação	Angulação
inevitavelmente o usuário realizará de até 45°	Angulação
ele ficou paralelo ao taco	Relação entre retas
rotacionar o sensor para que ele ficasse paralelo ao	Angulação
aí ficaria com ângulo de 60°	Angulação
a questão do ângulo de 30°	Angulação
inclinação dele	Relação entre retas
Conseguia medir as distâncias	Medir
Conseguia medir as distâncias com uma taxa de erro menor	Estimativa
Alguns conceitos como média, maior e menor, maior ou igual e menor	Relações de ordem
Funções foram trabalhadas CONST E INT, ANALOG READ, VOID LOOP e SETUP	Associações
Criamos variáveis para definir os pinos	Associações
Melhor atribuir um valor ou pino em uma variável	Associações
Alguns Recursos de lógica, o if (se) e else (se não)	Lógica
no entanto a aluna EP11 “identificou que a seria dobrada”	Operações
importância da divisão por dois na fórmula	Operações
foi pedido que alguns alunos estimassem um determinado comprimento, alguns disseram 15, 17, 20 cm	Estimativa
estava fazendo medições corretas	Medir
verificou-se que medida ficou entre 18 e 20 cm, sendo próximo a medida estimada	Intervalo
usassem a variáveis, atribuindo valores referentes aos pinos, então cada variável armazenaria o valor de um pino	Associações
No caso os milissegundos e segundos, aí esse 100 é como se fosse um tempo onde ele vai	Medida

Explicuei do problema, que é o centro da investigação, da coleta, organização e análise dos dados coletados, estes gerariam informações	Pesquisa
Um dos conceitos importantes que tivemos a oportunidade de trabalhar foi o cálculo de porcentagem,	Porcentagem
são um ciclo que a gente chama de Ciclo PPADC daqui é uma forma de você a organizar uma investigação	Pesquisa
20! O sensor ultrassônico vai dizer que ele percorreu ao total quanto? 40! Aí o que a gente tem que fazer no código para dizer que ele percorreu objeto está a 20 cm?	Medida
Dividir!	Operações
E que a gente chama de “d”, esse espaço é o “d”,	Associações
toda vez que uma partícula ou uma coisa se movimenta no espaço, é a variação de espaço, que é delta t, deltas, e o delta t é a variação do tempo	Associações
você sabe quanto tempo uma onda sonora se locomove no espaço? 343 m/s,	Medida
um objeto tiver menor que 30 cm o quê que ele faz?	Medida

Fonte: Autor (2023)

As transcrições e os diários de campo acabaram revelando a riqueza de dispositivos matemáticos que circundam e interagem em meios às atividades de RE, é notado pela quantidade de UR que surgem. Tal fato, se dá pela visão do pesquisador principalmente, uma vez que a formação e experiência permitem que todas as emanções de conceitos sejam capturadas. Prosseguindo, no bloco IV, foram analisados fotografias e vídeos não transcritos, sendo criada uma nova coluna, refinamento e abstração, na qual foram inseridas sínteses referentes às percepções obtidas através dos registros marcados.

As UC e UR provém do refinamento, que clarificam conceitos tanto já detectados, como aqueles não descritos nos blocos anteriores, muitas vezes detalhes não relatados, como a utilização de uma equação matemática expressa e a utilização de associações que ajudam a compreender o conceito de função a nível matemático (Quadro 14).

Quadro 14 – Formação das Unidades de Contexto e Unidade de Registro do Bloco IV

Bloco IV: Análise das fotografias e vídeos não transcritos		
Elementos matemáticos explícitos e implícitos nos registros fotográficos e vídeos		
Refinamento e abstração	Unidade de contexto	Unidade de registro
Atividade de movimentação em um mapa, onde um objeto deve sair de uma posição inicial e ir até uma final podendo utilizar conceitos do gráfico cartesiano	Atividade de movimentação em um mapa	Deslocamento
Reconhecimento de figuras geométrica geométricas planas e suas características	Reconhecimento de figuras geométricas	Formas
Construção do pensamento lógico	pensamento lógico	Lógica
Construção de um semáforo no qual os alunos devem decompor o problema, isto é, quebrar em partes, primeiro resolve uma luz, a próxima parte, que é a outra luz ele resolve depois, pelo reconhecimento de padrões	Construção de um semáforo no qual os alunos devem decompor o problema,	Resolvendo problemas
Realização de leituras de luz e acionamento de leds, a partir de um programa dependendo da faixa de luz faz realiza uma tarefa	Realização de leituras de luz e acionamento de leds,	Coleta

Realização de leituras a partir do sensor ultrassônico identifica objetos e determina a distância entre o sensor e o objeto	Realização de leituras a partir do sensor ultrassônico identifica objetos	Coleta
Construção de sistema que articula diversos componentes, requerendo fosse decomposto, para conhecer o sketch de cada um e depois articular eles	Construção de sistema que articula diversos componentes, requerendo fosse decomposto,	Resolvendo problemas
Construção de sistema que detectasse umidade do solo e convertesse em porcentagem para permitir a compreensão sendo o aluno EP04 que coordenou o projeto.	Construção de sistema que detectasse umidade do sol	Coleta
	convertisse em porcentagem para permitir a compreensão	Porcentagem
Construção de carcaças para os protótipos a partir de papelões e que pudesse caber todos os componentes do robô	Construção de carcaças para os protótipos a partir de papelões	Formas
Construção de um termômetro que mostra a temperatura na tela do computador	Construção de um termômetro que mostra a temperatura na tela	Medida
	um termômetro que mostra a temperatura na tela	Coleta
Atividade com sensor ultrassônico para compreensão da fórmula matemática $v = (\text{duração} * 0,034) / 2$ que ele utiliza, uma equação do primeiro grau e conversão de unidades de medida	compreensão da fórmula matemática $v = (\text{duração} * 0,034) / 2$	Fórmula matemática
	conversão de unidades de medida	Mudança de medida
Criação de variáveis que armazenam o valor	variáveis que armazenam o valor	Associações
Apresentação das unidades de medida tempo, velocidade e distância (comprimento)	unidades de medida tempo, velocidade e distância	Medida
Construção de régua utilizando o sensor ultrassônico	Construção de régua	Medir
Coleta dos dados de temperatura e umidade	Coleta dos dados de temperatura e umidade	Coleta

Fonte: Autor (2023)

Os quadros dispostos trazem um apanhado do processo que envolve um contumaz movimento de estratificar e colher fragmentos que devem ser objetos da análise. Pelo volume de dados, às vezes não é tão perceptível e claro, sendo relevante a utilização de outros recursos que auxiliem na compreensão. Destarte, buscando consubstanciar os termos relevantes que corroboram com os objetivos dispostos no âmbito das unidades de contexto, optou-se em gerar a princípio uma nuvem de palavras, fazendo aparecer um conjunto de códigos, que seriam as palavras que estão diretamente relacionadas a Matemática.

Foi carregado o conjunto das UC dos quatro blocos no sítio eletrônico <https://www.wordcloud.com> gerando a nuvem. Após a formação, termos irrelevantes à pesquisa foram excluídos. Por esta ótica, além de ser uma estratégia que subsidia a criação das categorias, admite uma pré-visualização dos conceitos matemáticos que os alunos utilizaram nas atividades com robótica (Figura 18).

Lógica	5	5%
Medida	16	14%
Medir	16	14%
Mudança de medida	6	5%
Números'	2	2%
Operações	6	5%
Pesquisa	2	2%
Porcentagem	8	7%
Relação entre retas	2	2%
Relações de ordem	1	1%
Resolvendo problemas	2	2%
Total das frequências	111	100%

Fonte: Autor (2023)

A UR Angulação traz o sentido das UC, que expõem conceitos de ângulos que precisaram ser trabalhados em algumas atividades como da guia para pessoas com deficiência, principalmente relacionadas ao uso do sensor ultrassônico. Outra UR que se valeu do sensor foi Estimativa e Relação entre retas, a primeira que fez os alunos testarem uma régua a partir do sensor e determinar qual a distância que estava um objeto, verificar no painel serial do compilador e, por fim, utilizar uma régua para saber se as medidas condiziam. Na segunda, que foi a produção da guia para pessoas com deficiência visual, os alunos tiveram que, mentalmente idealizarem as linhas do taco e do raio de ação do sensor, para pensarem na otimização do protótipo. A construção de um *sketch* requer a interação de *sketches* menores e a inserção de elementos aparentemente incomuns. Nisto, foi necessário a utilização de uma fórmula matemática (equação do primeiro grau) para que o sensor ultrassônico funcionasse, constituindo assim a UR Fórmula Matemática.

As Associações, que tem a ver com funções, ou relação entre duas grandezas, teve grande uso quando foram apresentadas as variáveis *int*, *float* e outras, que tinha a função de armazenar valores, em qualquer linha de comando do *sketch*, estavam sempre associados aos valores predeterminados. No entanto, é preciso considerar que no Arduino, ou em programação, a função também assume um conceito computacional, sendo discutido mais à frente.

Em outros momentos, ela surgiu quando foram associados números a expressões que aceitam relação unívoca, permitindo, caso seja aprofundado, a noção de função. As unidades de registro Coleta, Dado e Pesquisa foram utilizados principalmente quando os alunos

realizaram uma atividade de pesquisa para subsidiar as decisões na mudança nos parâmetros de um sensor de umidade do solo. Discussões sobre dados, informações e conhecimentos levantadas durante o curso também contribuíram para que essa UR emergisse.

Mudança de Medida, Medida e Medir referentes a unidades de medida, foram as UR que traduzem principalmente os primeiros projetos dos alunos, que trazem a utilização dos milissegundos, que é uma subunidade dos segundos, estando presente na construção do *sketch* do led e, posteriormente, do semáforo. O uso da geometria em alguns, mesmo implícito, aconteceu na construção de carcaças e utilização de simuladores, enfatizando figuras geométricas, planas e espaciais, instituindo a UR Forma. Na UR Deslocamento, os alunos tiveram atividades práticas de deslocamento de objetos em planos, fazendo uso em dados, de mapas, nessas atividades os alunos precisaram movimentar robôs.

Os projetos como o sensor LDR (sensor de luz), ultrassônico, radiação uv, de umidade obrigaram os alunos a utilizarem os sinais ‘maior’, ‘menor’ ou ‘igual a’ e ‘menor ou maior que’, formando a UR Relações de Ordem. A unidade de registro Intervalo também tem sua noção trabalhada nessas atividades com sensores, foram determinados intervalos numéricos para que os sensores fizessem acionar outros componentes, sendo determinados pelo *sketch* construído pelos alunos. As operações, principalmente as quatro, enquanto UR, estiveram presentes em atividades que os alunos fizeram uso de operações, sejam mentais ou mesmo utilizando fórmulas, para determinar, por exemplo, a conversão de unidades de medida de tempo, nessas atividades surge também a unidade de registro Números, mencionada diversas vezes pelos estudantes.

Sendo as últimas UR, Lógica e Resolvendo Problemas, estando presentes nas atividades de robótica, tendo relação direta com o curso de robótica, fazendo parte da primeira etapa, em que diversos conceitos de lógica foram abordados. Já a segunda UR, transcorreu a partir de problemáticas que se fizeram aparecer na construção dos protótipos, direcionando os alunos para a busca de estratégias de solução. Aqui, não há uma relação direta com os estudos de Polya, uma vez que os protótipos surgem a partir de problemas levantados pelos alunos. A unidade de registro Porcentagem poderia naturalmente ser associada ao conceito matemático, já que se trata de uma fração centesimal. Todavia, a sua unidade de contexto conduz ao entendimento que foi mencionada quando os alunos apresentaram que tinham aprendido ou agregado algo a mais do que sabiam, casos dos alunos EP01 e EP04.

Tendo em vista o quadro 15, foram formadas 20 unidades de registro vinculadas ao objetivo pré estabelecido. A reorganização formou os eixos temáticos e as categorias intermediárias, discutidas na próxima fase. Todavia, será abordado antes a utilização de termos

norteadores. Por esse fio, a Matemática é uma ciência composta por diversas áreas e subáreas, essa conjuntura forma o conhecimento matemático de uma época, como exemplo, os Elementos de Euclides, que, no séc. III a.C., codificou parte substancial da Matemática da Grécia até então (SILVA, 2007). Esse conhecimento é composto de diversos objetos (como números e formas geométricas) que carregam conceitos ou definições, habitando o contexto cultural de uma sociedade, existindo diversas discussões sobre a origem e natureza desses objetos, não estando no escopo da pesquisa. Essa interdependência pode ser observada no conceito do triângulo, figura plana limitada por três segmentos de reta, sendo representada pela figura geométrica, assim

A imaginação fornece um exemplo desse conceito traçando no espaço da intuição pura três retas, coplanares duas a duas, concorrentes em três pontos distintos. Na verdade, continuamos traçando triângulos imperfeitos, mas a imaginação vê neles exemplos perfeitos de triângulos matemáticos. Assim, por meio de um procedimento temporal (levado a cabo na intuição pura do tempo) a imaginação traça no espaço (da intuição pura) a figura de um triângulo (SILVA, 2007, p. 100).

Compactuando com o autor, Candiott (2014), em seu estudo sobre traços essenciais do conhecimento matemático, discorre que todas as áreas da Matemática possuem objetos que interagem com suas próprias formações conceituais de forma mútua. As evidências apontadas para essas subestruturas do conhecimento matemático colaboraram para que se compreenda, dentro das atividades de RE, os percalços e o que, de fato, está sendo trabalhado.

Neste arroio, ainda vale citar as múltiplas ou possíveis matemáticas, aquelas que distam dos ambientes acadêmicos e escolares, percorrida por D’Ambrósio no âmbito da Etnomatemática, portanto “sua identidade depende em grande parte dos interesses, motivações, e de certas normas e jargões que não pertencem ao domínio da matemática acadêmica” (D’AMBROSIO, 1985. p.45). Isto posto, entende-se até agora diversas formas do conhecimento matemático, composto por objetos e conceitos, que ainda não pertencem ao indivíduo, mas a sua apropriação fundamenta compreensões e atuação no mundo (BRASIL, 2018). Limita-se a este trabalho o conhecimento escolar, aquele prescrito nos documentos norteadores da Educação Brasileira.

O domínio e uso no mundo configura um conhecimento matemático do indivíduo ou do grupo, que agora estará sendo utilizado e aplicado na sua realidade, para resolver seus problemas. Para tanto, o saber matemático terá um caráter individual e subjetivista neste trabalho, apoiados pela concepção de que os saberes matemáticos pertencem a grupos ou indivíduos, adquiridos através de procedimentos próprios com auxílio ou não dos ambientes

escolares, sendo significativos e aplicáveis. Assim, importa aqui os conhecimentos matemáticos escolares, onde a Matemática possibilitará um

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

Aprender Matemática requer a articulação dos objetos e definições matemáticas que formam os saberes matemáticos que é uma “construção de solução de problemas tanto do indivíduo quanto do coletivo” (MOURA, 2007, p. 62). A efetivação desse processo reclama o uso de ferramentas e estratégias bem definidas, esta última podendo ser entendida como um plano sistematizado para resolver alcançar um objetivo. As ferramentas são recursos que têm a função de intermediar e facilitar a aprendizagem dos conceitos matemáticos. De certo, tais incrementos podem ser sintetizados como técnicas matemáticas. Por assim ser, os estudos de Silva (2007) permitem atestar que o conhecimento, objetos e definições matemáticas são conceitos diferentes, sendo estes dois últimos subcategorias da matemática.

Com a conceituação estabelecida, é possível retornar ao processo de categorização. Nisto, Bardin (1979) imprime que as categorias podem ser *a priori*, aquelas definidas antes da análise, ou *a posteriori*, sendo constituídas à medida que acontece a pré-análise. Dentre as alternativas, os conhecimentos matemáticos poderiam ser organizados segundo as unidades temáticas da BNCC, (Números, Álgebra, Grandezas e Medidas, Geometria e Probabilidade e Estatística), contudo, a formação de categorias novas mostrou-se mais apropriado, deixando o conhecimento matemático fracionado em quatro partes, formando, inicialmente, as categorias intermediárias:

- a) **Conceitos matemáticos:** inclui respostas que apontam conceitos matemáticos apresentados nas UR e que podem ser associados a objetos matemáticos. Esta categoria abrange três eixos temáticos, relações entre conjuntos x conjunto, conjunto x elemento e elemento x elemento.
- b) **Técnicas matemáticas:** agrupa UR que correspondem a estratégias e recursos utilizados para consolidar e se apropriar do conhecimento matemático.
- c) **Objetos matemáticos:** essa categoria possui UR que representam os objetos da Matemática, são números, formas e medidas, encontradas nas unidades de contexto

como comprimento, temperatura, velocidades, isto é, aquelas que representam grandezas

d) **Saberes matemáticos:** reúne unidades de sentido que mostram os conhecimentos matemáticos pertencentes aos alunos, que foram aprendidos, podendo ser aplicados, não querendo dizer que esses conhecimentos são reduzidos a aplicação.

Tomando as regras impostas as categorias de análise, segundo Bardin (1979), e aplicando nas categorias intermediárias, observa-se a exclusão mútua, onde cada UR está associada a apenas uma categoria; a regra da homogeneidade, que exige que as categorias estejam alinhadas com a investigação; pertinência, ou seja, está no intrínseco no material; e regra da objetividade, na qual o estudo deixa claro para todos que desejam analisar e reproduzir, podendo encontrar os mesmos resultados. No movimento, os conhecimentos matemáticos norteados pelos objetivos divididos nas quatro categorias intermediárias, sustentam as hipóteses da Matemática presente nos ambientes de aprendizagem de robótica (Quadro 16).

Quadro 16 – Categorias de análises

Unidade de Registro	Eixos temáticos	Categorias intermediárias de análise
Associações	Relação entre conjuntos x conjunto, conjunto x elemento e elemento x elemento	Conceitos Matemáticos
Intervalo		
Relações de ordem		
Deslocamento	Gráficos como formas de representar	
Relação entre retas		
Dado		
Medir	Estratégias para cálculo	Técnicas matemáticas
Estimativa		
Resolvendo problemas		
Coleta	Estratégias para investigação	
Pesquisa		
Operações		
Fórmula Matemática		
Lógica	Pensamento lógico	Objetos matemáticos
Angulação	Geometria plana	
Formas		
Medida	Utilização do número como forma de expressão do material	
Números		
Porcentagem	Aprendizagem de conceitos	
Mudança de medida		

Fonte: Autor (2023)

Os eixos temáticos subsidiam temas que reordenam as unidades de registro, criando subgrupos. Eles têm a função de auxiliar, nesse primeiro momento, a formação das categorias intermediárias e traduzir as unidades de registro. A categoria intermediária, técnicas matemáticas, têm como eixo temático estratégias e recursos que permitem a interação com os

objetos matemáticos, tornando possível a sua manipulação. Estratégias para cálculo, investigação e recursos dizem respeito à nova organização das UR, associando a coleta e pesquisa como técnicas.

A formação das categorias intermediárias, vista no quadro 16, pode inevitavelmente gerar confusões, principalmente em relação aos conceitos apresentados. Nisto, o conhecimento matemático, fragmentado em conceitos, técnicas e objetos pode confrontar com os saberes matemáticos, já que estes não usam, por exemplo, técnicas? Não seria as técnicas, subconjunto dos saberes matemáticos dos alunos também? A resposta para as inquietações é sim. Os alunos durante as atividades de robótica acessaram vários conceitos e objetos matemáticos, mas a inserção da categoria intermediária, saberes matemáticos, se dá essencialmente pelas evidências que aquele conhecimento foi aprendido, os alunos precisaram construí-lo. Esses possíveis confrontos fazem emergir duas categorias, conhecimentos matemáticos acessados e conhecimentos matemáticos aprendidos.

Novamente recai-se a problemas que exprimem, em um primeiro olhar, discordâncias, mas facilmente resolvidas. No contexto empreendido, os conhecimentos acessados estarão restritos àqueles dispostos e que os alunos não mencionaram que foi aprendido, mas que de alguma forma estavam lá, sendo utilizados. Portanto, estes conhecimentos matemáticos naturalmente emergem nas atividades e como instrumentos, são manuseados para resolver os problemas, alguns já aprendidos na sala de aula regular. Nessa tônica, Oliveira e Mill (2019) afirmam que os conhecimentos matemáticos tornam-se fundamentais para resolver questões da RE. A importância dessa categoria direciona para clarificar a existência da Matemática nos ambientes de aprendizagem baseados em RE, trabalhados sem intencionalidades nesta investigação.

A dualidade em voga ainda pode ser examinada sob o ponto de vista desta pesquisa, trazendo à luz seus objetivos. Nisto, não há intenção de identificar especificamente os conhecimentos que os alunos aprendem, mas sim, aqueles que se fazem presentes no ambiente de aprendizagem de robótica. Notoriamente, não há disposição de ferramentas para constatar ou validar os conhecimentos aprendidos, se não as declarações dos alunos e observações que acontecem. Então, é reforçado como evidência maior, para a primeira categoria, as percepções dos estudantes, enfatizadas também para a constituição da categoria de conhecimentos matemáticos acessados.

Assim, os conhecimentos matemáticos aprendidos surgem enquanto categoria, pela necessidade de discutir saberes que os alunos atestam terem aprendido aditados às observações do pesquisador, como já mencionado. O espectro compreendido abre um leque de

oportunidades para enveredar em outras vias quando se aborda a RE e o Ensino da Matemática, que não será aprofundada aqui, mas com discussões presentes na literatura. Noutro ponto, destaca-se que o curso ofertado adentrou espaços de aprendizagem que não se limitaram às tecnologias como fim em si mesmas ou planos isolados, mas trazendo à vista flutuações que a alocam como ferramenta importante de aprendizagem matemática. A síntese do já discutido sobre as categorias finais está disposto no quadro 17.

Quadro 17 – Unidades de registro, categorias intermediárias e categorias finais

Unidade de Registro	Categorias intermediárias de análise	Categorias finais de análise
Porcentagem	Saberes matemáticos	Conhecimentos matemáticos aprendidos
Mudança de medida		
Associações	Conceitos Matemáticos	Conhecimentos matemáticos acessados
Intervalo		
Relações de ordem		
Deslocamento		
Relação entre retas		
Dado		
Medir	Técnicas matemáticas	
Estimativa		
Resolvendo problemas		
Coleta		
Pesquisa		
Operações		
Fórmula Matemática	Objetos matemáticos	
Lógica		
Angulação		
Formas		
Medida		
Números		

Fonte: Autor (2023)

Consubstanciar as categorias finais é um processo de abstração, colocando em pauta os conhecimentos matemáticos que emergem estando disponíveis para uso e abrindo precedentes para atividades pedagógicas específicas, que visam o uso de novos métodos e ferramentas para garantir experiências de aprendizagem não dissociadas ou que orbitam simplesmente em mundos longínquos. Tecnologias acessíveis e compatíveis com a realidade, digitais e físicas, reafirmando e ampliando a compreensão de correntes teóricas, como o Construcionismo. Caminha-se agora para explicitar e discutir, à luz da literatura, a validação das categorias finais, na última fase desenhada pela Análise de Conteúdo, denominada tratamento dos dados, inferência e interpretação.

O preâmbulo erguido, principalmente na análise do quadro 17, pode ascender interrogações do ponto de vista quantitativo, mas que solapam questões que apontam para o

entendimento maior dos ambientes de aprendizagem na RE. Assim, eleva-se como questionamento o fato de existir mais unidades de registro na categoria final de análise “conhecimentos matemáticos acessados”, isto é, aqueles que os alunos tiveram contato, mas não há evidências que eles aprenderam. O sobrevoo traz a luz, essencialmente questões de cunho pedagógico, sendo importante sintonizar os objetivos do curso.

O escopo empreendido, do ponto de vista da pesquisa que estava sendo realizado, buscava identificar os conhecimentos matemáticos emergidos durante as atividades, não sendo necessário explicitar os demais objetivos, uma vez que não fazem parte da Análise de Conteúdo. Assim, não havia preocupação em “ensinar matemática”, mas promover um ambiente que permitisse a detecção dos conceitos que deveriam estar presentes. Então, notoriamente, a quantidade de registros que intimam questões de aprendizagem específicas não se sobressaem, além de não haver o uso de instrumentos para identificar.

Por este trajeto, paralelamente à literatura (já apresentada), a RE está ligada com os conhecimentos matemáticos. Nisto, se sabe que haverá diversidades deles podendo ser acessados durante a prática das atividades. Cabendo ao professor, na construção desses ambientes, cientificar-se do máximo possível dos conhecimentos que o trabalho com os protótipos permite. Ao explorar os novos moldes de um professor em ambientes de aprendizagem com RE, uma das faces desse papel é

[...] a de organizar a aprendizagem; para desempenhá-la, além de conhecer as condições socioculturais, expectativas e competência cognitiva dos alunos, o professor precisará escolher os problemas que possibilitam a construção de conceitos e procedimentos e alimentar os processos de resolução que surgirem, sempre tendo em vista os objetivos a que propõe atingir (MALIUK, 2009, p. 38).

Portanto, o professor precisa alinhar o projeto ou protótipo com os conhecimentos que os alunos deverão aprender, seguindo, normalmente, o currículo estabelecido. Na mesma via, Campos (2017) insere que professor deve oferecer oportunidades e prover ferramentas para que os alunos construam seu conhecimento no ambiente da sala de aula. Fazendo uma catalogação e percorrendo caminhos que os alunos devem trilhar, no entanto não engessando as atividades, abrindo precedentes para que muitas situações promovam conhecimentos novos e não previstos inicialmente. Esses aspectos fazem a RE naturalmente demandar abertura ao novo, enriquecendo a metodologia e ampliando horizontes.

4.2.1.3 Tratamento dos resultados, inferências e interpretação

O prosseguimento da análise, na fase final, aconteceu a partir de um movimento dialógico, ou triangulação de dados, sendo dispostos excertos das respostas registradas dos alunos a questionários, transcrições, diários e observações extraídas das fotografias e vídeos e um referencial teórico, construindo diálogos palpáveis, contribuindo para efetivar a interpretação e reflexão diante os dados dispostos. Para tanto, a triangulação de dados iniciará com a primeira categoria, Conhecimentos Matemáticos Aprendidos, composta por 02 unidades de registro, Porcentagem (não relacionado com o conceito usual) e Mudança de Unidade, como já dito.

Considerando esta categoria, foi percebido que os alunos, mesmo não havendo intencionalidade na proposta, atestaram que aprenderam a fazer o cálculo de porcentagem ou exerceram uma compreensão maior, dentro do ambiente de aprendizagem de RE, como pode ser visto no protocolo 6.

Protocolo 6 - Extrato da entrevista final realizada com os estudantes sobre os conceitos matemáticos aprendidos

Quando precisava de... ham... de coletar dados, aí precisava **transformar em porcentagem** também. (EP01)

Sim, eu **aprendi a fazer porcentagem** que eu **não sabia**, né. (EP01)

Porcentagem?! Até consegui **entender um pouco mais**. (EP04)

[Grifo do autor]

No protocolo 6 é possível verificar, destacado em negrito, o objeto, definição e técnica matemática aprendidos ou ampliados por meio de uma experimentação de objetos e formas reais buscando as soluções para os problemas que foram propostos, logo

[...] o discente se põe a pensar para resolver tal atividade do robô e se vê motivado a buscar novas relações da Matemática no mundo e vice -versa. Então se dá a busca por conceitos matemáticos a partir desse estímulo real, na qual o aluno vai compor seus próprios conceitos e identificar uma matemática própria (GOMES *et. al.*, 2010, p. 215).

Portanto, faz-se necessário situar a porcentagem enquanto fração centesimal e utilizada em áreas como Matemática Financeira ou Estatística. No caso específico, os alunos estão abordando a porcentagem no âmbito da Estatística, “coleta de dados” e “transformação em porcentagem” foram os termos utilizados na atividade de pesquisa realizada para coletar dados a fim de otimizar o protótipo de irrigação inteligente. Os dados foram coletados, sistematizados e apresentados na forma de porcentagem para os alunos que estavam responsáveis pelo

protótipo do sistema de irrigação. Nesse processo foi necessário o cálculo de porcentagens, funcionando como atividade adjacente à robótica, mas dentro daquele ambiente.

O processo descrito anteriormente foi mencionado pela aluna EP01 ao afirmar “aprendi a fazer porcentagem”, pois “não sabia”, o que gerou surpresas, uma vez que não havia intencionalidades de ensinar ou expectativas que os alunos iriam aprender algum conceito ou técnica de imediato, já que o olhar estava atento para os conceitos que seriam utilizados. O tal fato, como já dito, influenciou a necessidade da categoria de análise “conhecimentos matemáticos aprendidos”, pois fez perceber que com o mínimo de intenção, era possível também aprender algo de matemática dentro daquele ambiente em que a robótica atua. Concatenando com o exposto, Oliveira e Mill (2019, p. 246) postulam que as atividades com a RE facilitaram “o entendimento dos conteúdos em decorrência da visualização concreta da sua aplicação”.

Na outra atividade do sistema de irrigação, o conceito de porcentagem foi utilizado para compreender de fato como a mudança dos valores poderia alterar a sensibilidade do sensor que mostrava os dados por meio de percentuais, fazendo com que o aluno tivesse uma dimensão maior sobre o uso de porcentagens. Em relação ao cálculo de porcentagens e robótica não há trabalhos específicos, sendo encontrados na sua maioria, pesquisas que abordam a utilização e compreensão de gráficos, que utilizam dispositivos robóticos para a construção de gráficos, mostrando resultados promissores, como a superação de dificuldades em relação a compreensão dos gráficos (FORTES, 2007; MALIUK, 2009; DWORAKOWSKI; DORNES; HARTMANN, 2018).

Diante do exposto, é necessário a criação de atividades que trabalhem de forma mais específica outros conceitos além dos gráficos, podendo estar diretamente relacionadas às potencialidades que os sensores podem trazer para a simulação de situações que possam ser reais ou até mesmo a testagem de fenômenos naturais. Em atividades mais direcionadas, podem os professores inserirem componentes didáticos que abordarão conceitos previstos, por exemplo, em currículos escolares, adaptando protótipos. Esse direcionamento implica conhecer, por parte do professor, todos os componentes e possibilidades matemáticas do kit que adotar, no caso Arduino, é necessário catalogar de forma separada cada componente e sua associação matemática e considerar a interação de componentes, fazendo acontecer uma exploração máxima das potencialidades.

Além da porcentagem, que neste caso, relacionado a Estatística, os alunos puderam trabalhar de forma prática as unidades de medida, sendo as mais citadas aquelas relacionadas à

grandeza tempo. Muito embora a velocidade, comprimento e temperatura também estiveram presentes durante a criação de protótipos (protocolo 7).

Protocolo 7 - Conhecimentos Matemáticos identificados nos primeiros contatos com a robótica

A utilização de **números, os milissegundos transformados em segundos**. (EP01)

Transformar os minutos em segundos (EP02)

Mais na noção do *delay*, que tinha que saber os **segundos em minutos**, mas era só isso, a gente precisava saber que **1000 segundos era 1 minuto** (*quis dizer 1000 milissegundos era um segundo*). (EP02)

Atividade com sensor ultrassônico para compreensão da fórmula matemática $v = (\text{duração} * 0,034) / 2$ que ele utiliza, uma equação do primeiro grau e **conversão de unidades de medida** (*Trecho da análise de fotografias*)

[Grifo do autor]

O protocolo 7 apresenta excertos de respostas dos alunos em um questionário aplicado pelo *Google Forms* e observações descritas pelo pesquisador ao analisar fotografias. Assim, os primeiros contatos com a robótica fizeram os alunos perceberem como Matemática principalmente a conversão de unidades de medida de tempo, 1 segundo são 1000 milissegundos e 1 milissegundo são 1000 microssegundos. Tais unidades foram assimiladas de forma espontânea pelos alunos, principalmente pelo seu uso constante através da função *delay*. Destaca-se o uso de incoerências pela aluna EP02, quando apresenta “1000 segundos era 1 minuto”, justificado pelo nervosismo apresentado durante a entrevista, sendo, durante as atividades umas das participantes que mais se envolveram nas propostas.

A RE permite o trabalho de conhecimentos matemáticos básicos de forma bem simples, atribuindo um sentido prático e útil àquele conceito. Os alunos de forma imediata associam as unidades de medida e se apropriam de processos de conversão, aparentemente simples, mas que poderiam ser complexados se a abordagem fosse outra. O professor deve estar junto, seja na formulação, construção ou uso dos protótipos, como explica Maliuk (2009, p. 77), “a partir do movimento do carrinho, analisamos trajetórias, medimos distâncias, calculamos tempos”. Outra pesquisa que comprova essas unidades de medidas como comprimento e tempo utilizadas foi a de Silva (2021), ao discorrer em sua dissertação sobre a construção de protótipos, afirma que os estudantes se “empolgam” e despertam o interesse pelo artefato construído, fazendo, dentre as etapas,

[...] exercitar e usar vários conhecimentos básicos matemáticos, como conversão de tempo, de distância e a trabalhar com prefixos matemáticos, que é tão presente no nosso cotidiano, mas que parece algo tão distante da maioria dos estudantes, que se tem apenas uma página nos livros didáticos (*Ibid.*, p. 115)

O autor apresenta também a situação em que alunos que distam destas realidades em que a robótica se torna uma ferramenta auxiliar no processo de aprendizagem matemática. A superação destas dificuldades – calcadas pelas dificuldades financeiras vigentes na maioria das escolas públicas e a tão urgente necessidade de inserir a computação nas escolas – pode acontecer utilizando-se da computação desplugada (BRACHMMAN, 2017) e/ou utilização de simuladores.

A segunda categoria, conhecimentos matemáticos acessados, aborda aqueles conhecimentos disponíveis, que apareceram durante as atividades, descritas no trabalho de Leitão (2010, p. 76), como: “noções matemáticas que emergiram” ou “matemática emergente”. Esta categoria é composta de 18 UR, sendo elas: Associações, Intervalo, Relações de ordem, Deslocamento, Relação entre retas, Dado, Medir, Estimativa, Resolvendo problemas, Coleta, Pesquisa, Operações, Fórmula Matemática, Lógica, Angulação, Formas, Medida e Números. A fim de evitar exaustão, serão abordadas aquelas UR associadas as UC que mais se destacaram de acordo com a nuvem de palavras acrescentadas àquelas que apresentaram notoriedade para o pesquisar. Na composição do protocolo 8 está presente a unidade de registro Associações, que pertence a categoria intermediária ‘Conceitos Matemáticos’.

Protocolo 8 – Extrato de transcrições de vídeos e observações do pesquisador a partir das fotografias

Não lem... Acho que era só na questão de saber qual o número colocar mesmo quando ia montar, sabe?! (EP01)

Funções foram trabalhadas **const**, **const int** e **analog read** (*Observações do pesquisador a partir de fotografias*)

Melhor atribuir um valor ou pino em uma variável (*Observações do pesquisador a partir de fotografias*)

Usassem a variáveis, atribuindo valores referentes aos pinos, então cada variável armazenaria o valor de um pino (*Observações do pesquisador a partir de fotografias*)

Toda vez que uma partícula ou uma coisa se movimenta no espaço, é a variação de espaço, que é delta t, deltas, e o delta t é a variação do tempo (*Observações do pesquisador a partir de fotografias*).

Na prática, a UR Associações aborda noções iniciais de função, levando em conta associação unívoca entre valores, trazendo semelhanças entre as funções computacionais e as matemáticas, a primeira indica o encapsulamento de um bloco de códigos que pode ser invocado a qualquer momento e a segunda como relação entre duas grandezas. Quando o aluno compreende que uma função *int* armazena um e somente um valor, corresponde aos preceitos iniciais para o estudo de funções.

Outra atividade aconteceu quando pinos dos sensores se associavam com os pinos digitais ou analógicos, assim, os alunos vão acessando intuitivamente a noção de função, desde que sejam trabalhadas atividades direcionadas. Nisso, o trabalho de funções pode ser abordado dentro do ambiente de aprendizagem de RE,

Na segunda estratégia, apontamos a busca de generalizações matemáticas. A estratégia foi associada com momentos nos quais os alunos já possuem uma compreensão dos movimentos do robô e passam a raciocinar sobre eles em maneiras mais gerais, (...). As ideias matemáticas referentes à noção intuitiva de função também emergiram a partir daí, pois todos os percursos a serem realizados desde então, foram executados em função dessa generalização realizada (LEITÃO, 2010, p. 77).

Na construção do robô, indicado pelo autor, os alunos deveriam relacionar o números graus que o motor deveria rodar para percorrer uma dada distância, isto é, se o motor girar x graus irá percorrer y centímetros. Gomes *et. al.* (2010) também aborda o conceito de funções, especificando que são as quadráticas, assim

Ao terminarem a construção do protótipo, poderão ser analisados muitos conceitos na prática, (...) da Matemática – **medições, medidas de ângulos** e o nosso objetivo, o estudo das equações de segundo grau. Como no exemplo do brinquedo de parque, a criança pode desenvolver, através de funções matemáticas de 2º grau, o movimento ou até mesmo prever a velocidade com que o mecanismo trabalhará (*Ibidem.*, 2010, p. 217) [Grifo do autor]

Os autores ainda citam conceitos como medições e medidas de ângulos, mencionadas nas UR Medir e Angulação, essas unidades expressam técnicas e objetos matemáticos, respectivamente, corroborando com as respostas dos alunos transcritas a seguir. A Matemática tornou-se aparente a partir do uso dos sensores, como LDR e ultrassônico, e a construção de alguns projetos básicos, como semáforos (Protocolo 9).

Protocolo 9 - Extrato das respostas do questionário final sobre a presença da Matemática nos protótipos construídos

Sim, na programação dos delays (EC04)

Sim, ângulos (EP02)

Sim, foi mais para a configuração dos tempos de cada componente do projeto. (EP10)

Na programação do delay (EP02)

Metros e centímetros (EP01)

Saber a medida de distância. (EC05)

Por exemplo, no abajur, a gente calcular direitinho os segundos que tava acesso e tava apagado pra não dar erro no código. (EP11)

Estava fazendo medições corretas (*Observações do pesquisador a partir de fotografias*)

Construção de régua utilizando o sensor ultrassônico (*Registros de observações em fotografias e vídeos*).

Os questionários respondidos pelos alunos buscaram identificar sobre a presença de elementos matemáticos durante as aulas de robótica. No protocolo 9, é percebido que os alunos foram diretos ao mencionar a ideia de ângulos e unidades de medidas como comprimento e tempo. O *delay* descrito tem a função de pausar o Arduino utilizando o tempo em milissegundos, fazendo os alunos constantemente transformarem, por meio de cálculo mental, em segundos. Corroborando, Libardoni (2018), em sua tese ao discorrer sobre o curso de robótica da sua pesquisa, imprimiu que os alunos tiveram que aplicar conceitos de Matemática como ângulos, figuras geométricas, velocidade e frequência, sendo conceitos exigidos nas atividades previstas. Papert (1994) também aborda a velocidade e os ângulos medidos em graus, além da geometria por coordenadas em atividades de robótica. Tais aspectos destacados pelo autor foram achados e definidos na UR Deslocamento.

A unidade de registro Resolução de Problemas apresentadas a partir das descrições obtidas de fotografias e vídeos, também foram apresentadas por Mill e César (2009, p. 221), onde inserem que “projetos com robótica pedagógica oportunizam situações de aprendizagem pela resolução de problemas inter ou transdisciplinares”. O protocolo 10 apresenta evidências do problema que os alunos deveriam resolver.

Protocolo 10 – Registro das observações realizadas a partir das fotografias

Construção de um semáforo no qual os alunos devem decompor o problema, isto é, **quebrar em partes, primeiro resolve uma luz, a próxima parte**, que é a outra luz ele resolve depois, pelo reconhecimento de padrões. (*Registros de observações em fotografias e vídeos*)

Construção de sistema que articula diversos componentes, requerendo fosse **decomposto, para conhecer o sketch de cada um e depois articular** eles (*Registros de observações em fotografias e vídeos*).

A partir dos trechos em destaque no protocolo 10, se observa que os alunos diante os entraves eram direcionados a resolver o problema por partes, buscando os padrões e solucionando. Assim, os alunos ao construírem um semáforo, já sabiam programar um *led* e criar o circuito, sendo aquele modo reproduzido para os demais e ajustado somente o tempo, para que cada luz acenda e mude para próxima de forma correta.

É construindo que se entende ou "tudo que seja entendido sendo construído" (PAPERT; HAREL, 1991, p. 3), esse ponto central do Construcionismo, abordado por Papert e Harel, torna-se agora balizas para o sentido completo das práticas. Os alunos iniciam seu processo

através de uma exposição do professor, constroem o artefato digital, testam e, por fim, partem para a construção física. O conceito matemático, ou os conceitos, permeiam esses processos e, naturalmente emergem durante as práticas, perpassando de forma espontânea e fornecendo suporte aos envolvidos (FURLETTI, 2010). Por vezes, ficando intrínseco a ponto de não ser detectado em um primeiro olhar. No entanto, sabe-se que a Matemática estava ali, seja por um processo necessariamente lógico ou mesmo por uma utilização mais direta, como a necessidade de ajuste de um ângulo ou conversão de unidades de medida.

Isto posto, é evidente que a robótica educacional mobiliza conhecimentos matemáticos, nesta pesquisa segmentados em acessados e aprendidos. As correspondências inserem a robótica como ferramenta e ambiente de aprendizagens matemáticas, possibilitando a interação com outras áreas do conhecimento, conforme Maliuk (2009, p. 36), ao discutir sobre as concepções da robótica, insere que

A segunda concepção [...] tem como ideia central a criação de ambientes de aprendizagem que utilizam dispositivos robóticos em ambientes escolares, com o objetivo de proporcionar a construção do conhecimento matemático, perpassando por diferentes áreas científicas”.

A argumentação coloca a RE como ambiente que articula conhecimentos matemáticos e de outras áreas, em uma construção, trazendo à luz da discussão o Construcionismo de Seymour Papert. Na mesma tônica, Silva, Santos e Castro (2021), ao realizarem uma revisão de literatura, apresentam conteúdos matemáticos trabalhados por meio do Arduino sendo o cálculo de áreas e perímetros, geometria plana e funções polinomiais.

A RE ainda pode ser abordada como um elemento mediador, nisto, ela “surge como elemento mediador da aprendizagem da Matemática como um novo desafio pedagógico, permitindo desenvolver competências, habilidades e interesses nos educandos e educadores” (MORAES, 2010, p. 81). Reconhecendo que as discussões não se esgotam, a ampliação do debate é necessária, a fim de fortalecer a prática que garanta inovações que subsidiem evoluções no campo do Ensino da Matemática.

O curso de robótica aplicado teve a utilização de plataformas que simulavam as placas e seus componentes fazendo uso de uma linguagem de programação visual ou textual. Nessas aplicações, foi percebido que diversos conhecimentos matemáticos estavam presentes tornando necessário seu uso por parte dos estudantes para, assim, resolver os problemas que surgiam. Para tanto, na próxima seção será apresentado alguns dos simuladores utilizados, com ênfase no *Open Roberta*, tendo como base a Análise de Conteúdo.

4.2.2 Utilização de simuladores em um espectro matemático

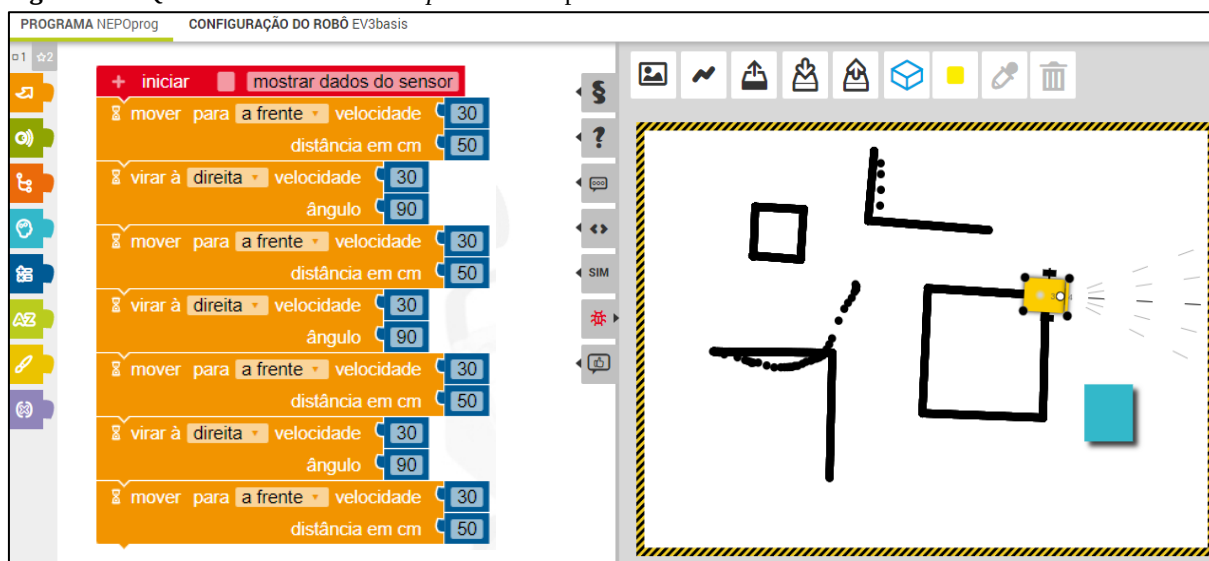
Os simuladores virtuais, dentro do ambiente de aprendizagem constituído a partir da RE, reproduzem robôs, componentes e suas funções, abrindo espaço para as apresentações da metodologia, da lógica que seria utilizada e do Arduino. Apesar do *Tinkercad* ser o principal simulador do curso, optou-se por utilizar inicialmente o *Open Roberta*, que é uma aplicação em nuvem, sendo selecionada a versão baseada nos kits de hardware *LEGO Mindstorms* para as aulas. A escolha da plataforma foi feita pela necessidade de introdução da lógica de programação e sua facilidade de acesso e uso.

Neste sentido, os alunos tinham liberdade para explorar a ferramenta, que utiliza a linguagem em blocos para programar um robô. Entende-se que a utilização da linguagem de programação visual, ou *Visual Programming Language* (VPL), acrescenta dispositivos que auxiliam os alunos no ato de programar, como a utilização da língua materna e sequência lógica de blocos sobrepostos, encaixáveis e intuitivos. Nisto, ela se apresenta enquanto “iniciação ao ato de programar, não substituindo as linguagens de programação como já conhecida nas linguagens textuais” (TRINDADE, 2015, p. 66). Para além, foi concretizado e fortalecido os conceitos abordados nas primeiras aulas, no âmbito da lógica de programação, que serviram de base para as atividades seguintes.

A metodologia de implementação da ferramenta para os alunos que residem no Piauí consistiu em breve apresentação, divisão de duplas e instituição de dois objetivos claros: a) desenhar um quadrado e b) realizar o movimento do carro robô de um ponto A para um outro ponto em um cenário disponível. Importante destacar o caráter auto intuitivo do *Open Roberta*, que permite a partir de orientações iniciais, a ampliação dos conhecimentos de maneira espontânea. No simulador, o controle do robô acontece de fora para dentro, isto é, não há preocupação em montar os circuitos, ele já está pronto, importa a montagem dos blocos, seguindo uma sequência lógica, a partir dos movimentos que o robô deve realizar.

O desenho do quadrado exigiu dos alunos o conhecimento das características obrigatórias para que a figura seja considerada um quadrado, ou seja, ter quatro lados de mesmo comprimento e quatro ângulos de 90°. A execução da atividade foi rápida e é mostrado na figura 19 as tentativas das alunas EP06 e EP10. Inicialmente desenharam um quadrado de lado medindo 30 cm, depois alteraram para 50 cm, no entanto, o robô não estava bem posicionado, fazendo com que a tentativa fosse repetida algumas vezes. É notório perceber que as imagens formadas, simetricamente, não correspondem de fato a um quadrado, muito pela velocidade adotada nos códigos, sendo corrigidas posteriormente (Figura 19).

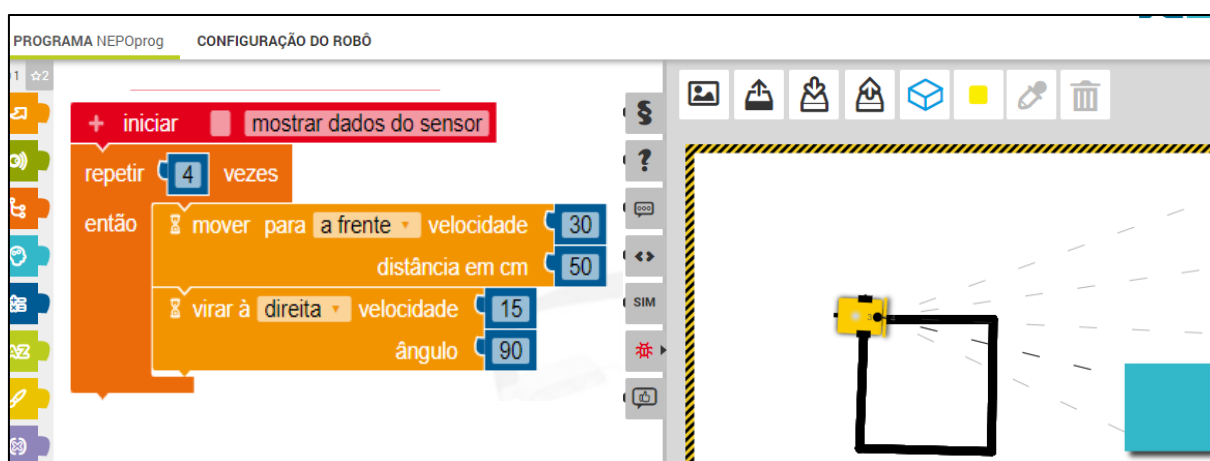
Figura 19 – Quadrado construído no *Open Roberta* pelas alunas EP06 e EP10



Fonte: Autor (2023)

O problema do desenho do quadrado pode ser decomposto em quatro problemas de igual solução: fazer o robô movimentar-se para frente e depois realizar um giro de 90° a uma determinada velocidade e direção, quanto mais lento, mais perfeito. Foi percebido pela aluna EP11 que esses quatro passos repetidos, poderiam ser feitos por apenas um e multiplicados por quatro. Assim, foi apresentado a função Repetir, que permitia que o bloco ou os blocos dentro dela fossem repetidos a partir de uma quantidade predeterminada de vezes. A função mostrou-se útil, principalmente pela economia de tempo e redução do total de comandos necessários para a movimentação do robô. Para tanto, as alunas EP01, EP02 e EP05 construíram o código seguindo as orientações e executaram, fazendo alterações na velocidade de giro, o que possibilitou desenhar o quadrado com maior perfeição (como mostra a figura 20).

Figura 20 – Uso da função Repetir



Fonte: Autor (2023)

O uso do simulador *Open Roberta*, permite um contato direto com a programação e um primeiro robô. Aqui, pressupostos de lógica de programação e proporcionalidade começam a surgir para que os alunos aperfeiçoem o trabalho. Por assim ser, a construção da figura segue uma unidade de medida desproporcional até então, isto é, 50 cm da tela não equivalem a 50 cm reais, fazendo criar correspondências ainda que mentais para resolver o problema. Oliveira (2015, p. 109), em sua dissertação, aborda o desenvolvimento do raciocínio proporcional a partir do ambiente de RE, inserindo que os estudantes:

[...] reconhecem relações proporcionais e não proporcionais, desenvolvem uma ampla variedade de estratégias para resolver proporções e comparar razões em vez de algoritmos prescritos além de compreender razões como entidades distintas representando uma relação diferente das quantidades que elas comparam o que, de acordo com os resultados, os sujeitos a princípio não apresentam na atividade teórica as respectivas características.

Assume aqui que é necessário aprofundar a abordagem a fim de identificar o raciocínio proporcional não somente na construção de robôs físicos, mas também no uso dos simuladores. Assim, no uso dos simuladores, alguns dos alunos demoraram mais tempo para compreenderem o funcionamento da aplicação, dificuldades relacionadas principalmente com o uso do computador, provocando algumas limitações quanto ao uso do mouse. A atividade seguinte ao da construção do quadrado, solicitava que os alunos fizessem com que o robô se locomovesse até um de um local de estacionamento para outro. A programação assemelha-se ao código para desenhar o quadrado, usando apenas os blocos responsáveis pelo movimento e pelo giro ou virar de acordo com o ângulo.

Extraindo as dificuldades técnicas relacionadas ao uso do computador, nas primeiras aulas, os alunos tiveram que lidar com problemas de escala, uma vez que o robô se moveu 30 cm em um espaço menor que o real. Sem necessariamente recursos matemáticos sofisticados, os alunos mediram e associaram a medida que o carro se movia a 30 cm. Neste momento, os alunos espontaneamente criam a percepção que precisam fazer as relações necessárias para que o robô se movimente seguindo o percurso.

Para tanto, é reproduzido no protocolo 11 alguns questionamentos referentes a atividade no simulador em voga, a aluna EP06 descreve que realizou testes para que conseguisse descobrir a que medida (adotada por ela) correspondia a medida indicada no bloco de programação. Outro ponto foi o conceito de ângulo, que foi associado ao canto do quadrado desenhado na atividade anterior (Protocolo 11).

Protocolo 11 – Extrato do diálogo gravado entre as o professor e a aluna EP06 sobre a movimentação do robô no *Open Roberta*

[...]

PROF-A: Como você sabe que 30 cm é esse pedacinho aí?

EP06: **Testando até dar certo.**

PROF-A: Sim, e esse outro aí, pra ele percorrer essa avenida todinha?

EP06: do mesmo jeito, testamos até... que ele desse certo.

PROF-A: e esse ângulo, é o que mesmo?

EP06: Aquele negócio lá que o senhor falou, da abertura entre duas... como é que é?!... retas, retas que se cruzam.

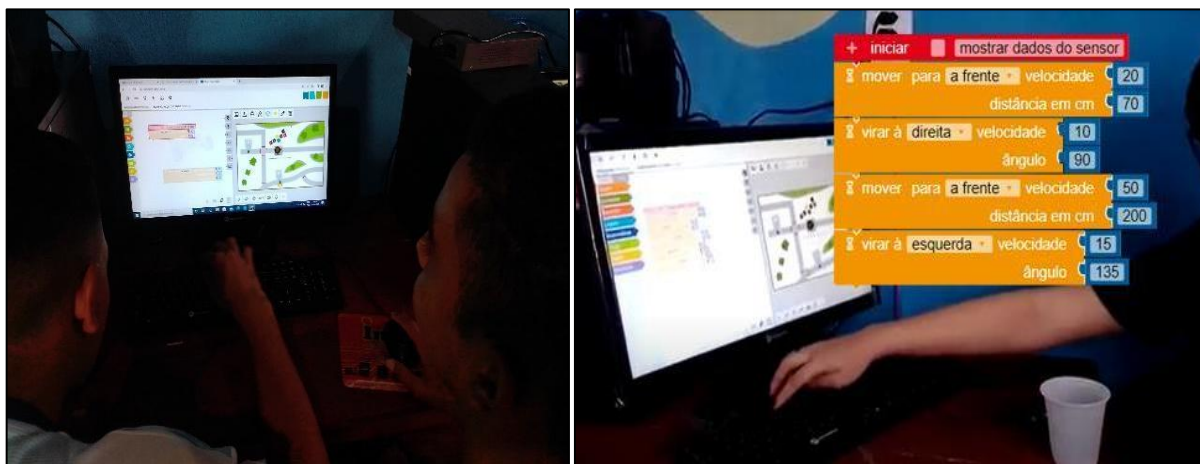
PROF-A: Não... quero saber como vocês sabem que tem que girar esse ângulo de 90°?

EP06: Professor, porque é **um canto igual** ao do... **daquele quadrado.**

PROF-A: Pronto, entendi!

Interessante, de acordo com o protocolo 11, que os alunos realizam associações e criam mecanismos próprios para resolver os problemas que surgem durante a movimentação do robô, soluções simples que carregam engenhos mentais, os mesmos necessários e usuais para resolver problemas matemáticos. A figura 21 mostra duas imagens, em que um grupo de alunos (21-a EP05 e EP08; 21-b EP11) – inicialmente – está montando o programa e na segunda imagem, tem-se o programa pronto. As dificuldades que surgem dizem respeito somente a necessidade de refazer, como em uma função, a que tamanho real corresponde 10, 20, 30 cm da tela do computador.

Figura 21 – Atividade de movimentação de um robô realizado em duplas pelos alunos do curso no Piauí



Fonte: Autor (2023)

Na turma do Ceará, a utilização do *Open Roberta* seguiu o mesmo pressuposto, mas sem instituição de atividade específica. Os alunos apresentaram autonomia e facilidade para criação dos códigos a partir da articulação entre blocos. Todo o desenho do simulador é auto intuitivo e aguça a curiosidade dos estudantes, essa facilidade permite avanços acentuados e

espontâneos fazendo com que se engajem para continuar aprendendo. Os relatos dos diários de campo e registros fotográficos mostram os avanços no uso da aplicação com poucas instruções do professor. A figura 22 mostra um código construído para a movimentação do robô utilizando as teclas (setas) do teclado, com destaque para o código em blocos construído. Nessa atividade espontânea a aluna EC06 teve como suporte os conectivos lógicos “se então”, isto é, a partir de uma condição predeterminada (premissa) o robô deveria realizar uma ação. Se a tecla da seta para direita for pressionada, o robô realizara um giro para a direita em um ângulo de 20°, podendo ser alterado

Figura 22 – Código para movimentação de um robô utilizando o teclado do computador com alunos do Ceará



Fonte: Autor (2023)

Vale destacar que a linguagem adotada assemelha-se aos comandos da linguagem *Logo*, onde o robô deverá realizar movimentos a partir de parâmetros indicados pelos alunos, como velocidade, grau de rotação e distância. Diferencia-se pelo fato de os estudantes não precisarem digitar os comandos, pois já estão descritos nos blocos. Noutro ponto, a introdução da programação propriamente dita com o simulador, facilita a continuação das atividades de robótica, nisto de acordo com um dos diários de campo, “o uso da aplicação facilitou a utilização do *Tinkercad*, uma vez que se optou em iniciar pela programação em blocos”, diferente do Piauí, que fez uso da linguagem *script*, em C++, tendo pequenas alterações. Tais diferenças de aplicabilidade serão debatidas em outro tópico, bem como suas implicações.

Elucidar o uso dos simuladores, principalmente na parte introdutória da RE, possibilita a investidura em diversos caminhos de análise. Assim sendo, seguindo o escopo, é possível identificar filamentos matemáticos que surgem ao longo das atividades. Em um primeiro

momento, será considerado as respostas dos alunos a um questionário aplicado na primeira semana, em que são instigados a associar o *Open Roberta* com conhecimentos matemáticos e uma pergunta mais direta sobre necessidade do uso de ângulos. Avante, a completude dos conceitos matemáticos a partir dos simuladores acontecerá com a junção das análises das fotografias, vídeos, áudios e diário de campo, utilizando pressupostos já descritos na subseção anterior.

Foi elencado como objetivo primário identificar e refletir sobre os conceitos matemáticos descritos pelos alunos subsidiando um quadro teórico, parte-se da hipótese que nas atividades de RE coabitam diversos conhecimentos do campo da Matemática. Nesta primeira análise será considerada a formação das unidades de registro considerando todo o conteúdo já apresentado anteriormente, desta forma, foi utilizada a frequência de palavras ou expressões que aparecem nos documentos analisados. Todo o conjunto está disposto no quadro 18.

Quadro 18 – Unidade de registros do questionário aplicado

Unidades de Registro	Número de ocorrências da palavra/expressão
Calcular	1
Velocidade	1
Noção de calculagem	1
90°	1
Problemas geométricos	1
Intuição	1
Testei	1
Calcular área do quadrado	1
Ajustando	1
Testando	2
Tempo	2
Ângulo	3
Distância	3

Fonte: Autor (2023)

O quadro 18 mostra as unidades de registro e a quantidade de vezes que a palavra é mencionada, à direita. Os questionamentos sobre os conhecimentos exigidos ao programar com *Open Roberta* trouxeram à tona a noção dos alunos sobre a Matemática presente. É notável o uso da expressão “noção de calculagem”, referindo-se aos cálculos que são necessários para efetivar o uso da aplicação, fazendo uso de operações mentais. Os outros termos destacados como unidades de registro, estão relacionados ao uso da estimativa de escalas, utilizados pelos alunos para associar valores de medidas reais ao disposto no aplicativo. Com o prosseguimento da análise foi possível a criação de categorias, criadas a partir da organização das unidades de

registro, como mostra o quadro 19. Assim, ficaram a Geometria, Unidades de Medida e Cálculo por Estimativa. Tais categorias refletem a perspectiva dos alunos quanto ao uso e necessidade, mesmo que implícita, da Matemática para utilização do *Open Roberta*.

Quadro 19 – Categorias criadas *a posteriori*

Unidades de Registro	Categorias
90°	Geometria
Ângulo	
Calcular área do quadrado	
Problemas geométricos	
Ângulo	Unidades de medida
Distância	
Tempo	
Velocidade	
Calcular	Cálculo por estimativa
Noção de <i>calculagem</i>	
Ajustando	
Intuição	
Testei	
Testando	

Fonte: Autor (2023)

Postula-se que os alunos conseguiram identificar conceitos matemáticos próprios advindos das atividades com o simulador. No Piauí, os alunos tiveram que desenhar inicialmente um quadrado, nisto, foi exposto a necessidade de conhecimentos geométricos, claramente expressos nas respostas, chegando a associar com a área de um quadrado. Outro conceito relevante foram os de ângulos, uma vez que tiveram que usá-lo constantemente para que o carro ficasse na direção mais ideal possível, principalmente quando tiveram que estacioná-lo em um outro pátio. Optou-se por colocá-los nas duas categorias, já que pode ser entendido tanto como unidade de medida (correspondente a abertura entre duas retas de mesma origem) como elemento da geometria.

As unidades de medida: distância, velocidade e tempo estão presentes durante todas as atividades. A movimentação do robô se dá pelo comando *mover para*, no qual os parâmetros para esse movimento são velocidade e distância. Já a unidade de medida tempo não está presente nos blocos de programação, mas surge, principalmente quando se fala da execução dos programas. Neste sentido, o trabalho oportuniza abordar as relações entre equações de deslocamento, espaço e velocidade e aceleração, no âmbito da Matemática, trazendo à discussão o sentido de funções e sua representação gráfica, articulando com o componente

curricular de Física. É também possível criar relações, para fazer correspondências, por exemplo, cada cm deslocado na tela corresponde a x cm da régua, comparando os trabalhos, já que nem todos os computadores têm telas iguais.

Neste percurso, outro elemento a discorrer é o cálculo por estimativa, a terceira categoria que engloba a ideia de cálculo e estimativa. Tais conceitos são abordados, na BNCC, a partir do primeiro ano do EF, ganhando complexidade ao longo dos anos e integrado ao ensino de Ciências Naturais e suas Tecnologias. Compreendida como estratégia para obtenção de resultados junto ao cálculo mental, de acordo com a BNCC, e transitando entre o eixo Números e Grandezas e Medidas, reflete a necessidade de realizar aproximações, formando a ideia que em dadas situações não é possível trabalhar a noção do exato. No ensino de Ciências, é abordado dentro da habilidade EM13CNT102, que trata da construção de protótipos de sistemas térmicos que trazem como ponto central a sustentabilidade, e que considerem o uso de tecnologias para auxílio no cálculo por estimativa (BRASIL, 2018).

Tais atividades podem ser aprimoradas com o uso do Arduino (físico), que traz uma gama de possibilidades para atividades específicas em um campo do conhecimento ou articulando diversas ciências para a produção do saber e de alunos protagonistas. Destarte, na próxima seção será apresentado o ambiente de aprendizagem da RE que teve como suporte a utilização da plataforma Arduino, buscando evidenciar, através da Análise de Conteúdo, os conceitos matemáticos mobilizados, apresentando os protótipos construídos e suas utilidades.

4.3 Construção de protótipos: atividades possíveis

São apresentados nesta os protótipos construídos pelos alunos considerando a solução para problemas reais, sendo eles: Semáforo, Sensor de Luz, Sensor de Distância, Guia para pessoas com deficiência visual, Sistema de irrigação inteligente (SII), Abajur, Sistema de distanciamento social (SDS), Sensor de temperatura/umidade e Sensor de radiação UV. Portanto, a partir destas atividades de construção, são apresentados pressupostos do Construcionismo e as possibilidade de associação com a Matemática Escolar.

4.3.1 Protótipos construídos: apresentação e reflexões

O curso de robótica, constituído de microfases, especificadas neste trabalho, percorreu etapas até que os alunos buscassem situações problemas em um processo de afunilamento, passando pelo problema e buscando a solução prototipada em Arduino. Para tanto, o curso teve um caráter instrucional nas primeiras aulas, no qual os alunos deveriam absorver conceitos necessários para que conseguissem criar circuitos e *sketches*, formando assim os protótipos que

deveriam solucionar problemas das suas localidades. Os primeiros protótipos construídos envolveram o semáforo, sensor de luz e sensor de distância. Os projetos apresentados estão centrados nas atividades realizadas no Projeto Social Raio de Esperança, Murici dos Portelas-PI.

Superando a fase inicial – contato, experimentação, reaproveitamento e apropriação – os alunos foram incumbidos de pensar em problemas reais e prototipar. Dentre as propostas, algumas se tornaram inviáveis em função da incapacidade de aquisição de componentes e tempo insuficiente para construção. No caso do primeiro, um protótipo proposto pelo grupo da aluna EP01, que desejavam criar um instrumento que aferisse pressão arterial, batimento cardíaco e temperatura, mostrando os resultados em uma tela, tornou-se inviável, pois não havia recursos financeiros suficientes para aquisição dos sensores. O projeto, segundo o grupo, seria para tornar eficiente a triagem, em atendimentos médicos na Unidade Básica Avançada de Saúde (UBAS) da cidade, já que havia um longo tempo de espera por aqueles que precisavam dos serviços.

O outro protótipo, inviabilizado por falta de tempo, foi a construção de um poste com tela que mostraria a temperatura e umidade, alertando as pessoas que visitassem a praça sobre os perigos e necessidade de estar ingerindo líquidos e se protegendo. Posteriormente, o mesmo conceito foi usado para a construção do leitor de radiação UV. Por esta via, foi possível construir outros protótipos, sempre seguindo a ideia de que seriam soluções possíveis, considerando aspectos relevantes da realidade dos alunos.

No âmbito das limitações impostas, destaca-se a ausência de baterias para deixar o Arduino independente do computador, pois sem uma fonte de alimentação própria, não há liberdade para que os protótipos se estabeleçam como autônomos. Todos os projetos requereram um computador para acompanhá-los, próximos das atividades desenvolvidas por Seymour Papert, onde a tartaruga robô, era acompanhada por um conjunto de fios. Assim sendo, as próximas subseções abordam, individualmente, os projetos Semáforo, Sensor de Luz, Sensor de Distância, Guia para pessoas com deficiência visual, Sistema de irrigação inteligente (SII), Abajur, Sistema de distanciamento social (SDS), Sensor de temperatura/umidade e Sensor de radiação UV, elencando processos metodológicos explícitos e implícitos, além de reflexões.

4.3.2 Semáforo

O semáforo foi o primeiro contato com o Arduino que os alunos tiveram, no entanto, todas as atividades eram realizadas no simulador *Tinkercad* e posteriormente utilizavam as placas físicas. O trabalho com o simulador permite, em um ambiente com limitação no número

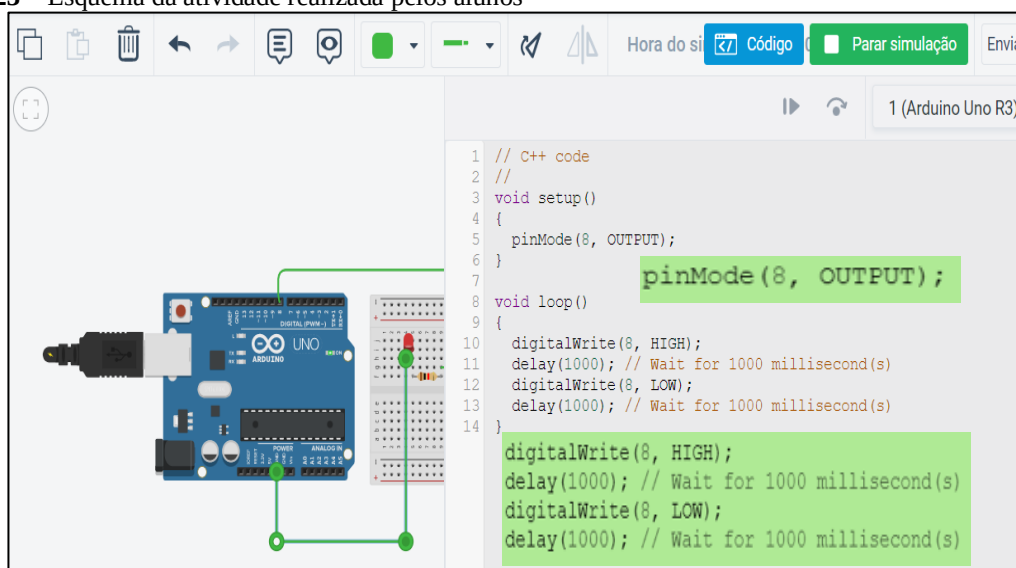
de componentes, proceder atividades com segurança, evitando queimá-los. A metodologia adotada foi prática, mostrando como é o circuito e depois o *sketch* do programa. Optou-se na turma do Piauí, iniciar a programação utilizando a linguagem textual, já na turma do Ceará, os alunos continuaram utilizando os blocos, já que o simulador permite. Neste caso, quando for necessário fazer o *upload* do *sketch* para o microcontrolador, o *Tinkercad* faz a conversão de linguagem visual para textual. Em ambos os casos existem vantagens e desvantagens.

No caso do uso da linguagem visual, mesmo estando no simulador *Tinker*, os alunos aprendem a lógica e conseguem avançar, não há uma mudança abrupta, por exemplo, da lógica do *Open Roberta*, facilitando a aprendizagem, uma vez que os alunos têm um progresso gradativo. Solorzano (2019) argumenta que as linguagens baseadas em blocos facilitam a compreensão da programação. Utilizando a plataforma *Tinkercad* na linguagem visual, há limitações quanto aos componentes para utilizar, tal dificuldade não é encontrada em relação ao uso da linguagem textual, uma vez que ela já dispõe de uma biblioteca com funções para todos os componentes. No entanto, os estudantes apresentam maior dificuldade durante a programação, tendo que, inicialmente, decorar comandos e agregam um problema maior por ser em inglês, necessitando de trabalhos contínuos para uma maior apropriação. Tais percepções também foram abordadas no trabalho de Weintrop e Wilensky (2015), ao apresentarem as visões dos alunos sobre o uso dos dois tipos de programação, assim os autores afirmam que

[...] eles identificam como contribuir para a facilidade de uso dessas ferramentas e o que eles veem como as diferenças mais salientes entre as ferramentas baseadas em blocos e programação baseada em texto. Os alunos relatam que vários fatores contribuem para facilitar a programação baseada em blocos, incluindo a descrição de blocos em linguagem natural, a interação de composição de arrastar e soltar e a facilidade de navegar no idioma. Os alunos também identificam desvantagens da programação baseada em blocos em comparação com a abordagem convencional baseada em texto, incluindo uma falta de autenticidade percebida e sendo menos poderosa (*Ibidem.*, 2015, p. 1999). [Tradução do autor].

Com as especificidades das vantagens e desvantagens esclarecidas quanto ao tipo de linguagem utilizada, importa relatar a relevância da atividade dos *leds* para alunos iniciantes na programação. Na turma do Piauí, os alunos foram apresentados ao circuito e *sketch*, para a instalação de um *led*, fazendo-o ligar e desligar continuamente. Objetivando dar segurança e autonomia para os alunos, foi pedido que inserissem um segundo e depois um terceiro *led*, construindo assim um semáforo. A opção por começar utilizando o *led* se dá pelo fato da facilidade dos códigos e circuitos, requerendo poucos componentes e a possibilidade de reprodução/aproveitamento do *sketch* anterior, ampliando-o, como mostra o esquema da figura 23.

Figura 23 – Esquema da atividade realizada pelos alunos

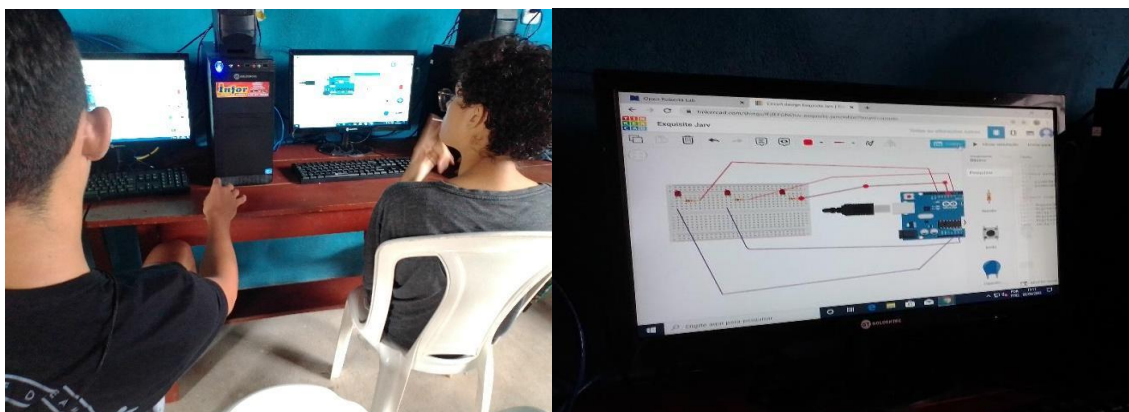


Fonte: Autor (2023)

O destacado em verde são linhas de código que serão reaproveitadas, alterando apenas o pino de acordo com o novo local escolhido para encaixe do *jumper*. Trata-se de atividade que o aluno inicia a compreensão do funcionamento do Arduino. Neste caso, observa-se que o problema é: construir um *led* que liga e desliga repetidamente. Inconscientemente os alunos decompõem o problema em dois, para resolvê-lo, *sketch* e circuito. E depois partem para a inserção de novos *leds*, articulando-os na mesma *protoboard* e código. A composição das soluções forma a solução geral que é o *led* funcionamento. Os movimentos são referendados por Papert (2008, p. 92), ao afirmar que “uma das etapas mais importantes do crescimento mental está baseado não somente em adquirir novas habilidades, mas em adquirir novas maneiras de usar aquilo que já conhecemos”.

Na figura 24-A é mostrado uma dupla de alunos EP01 e EP08 trabalhando no circuito digital, utilizando a plataforma *Tinkercad*, construindo as primeiras ideias do funcionamento de circuitos. Já na figura 24-B é mostrado o circuito pronto, que depois serão transportados para as placas físicas, fazendo os alunos perceberem que são engenheiros, construtores de artefatos reais e com significados. Esse movimento traz ao real aquela entidade que, até então, era imaginária. Nisto, o computador se torna um “instrumento de representação do pensamento sobre o conhecimento em construção, de troca de informações e de elaboração colaborativa” (ALMEIDA, 1996, p. 63).

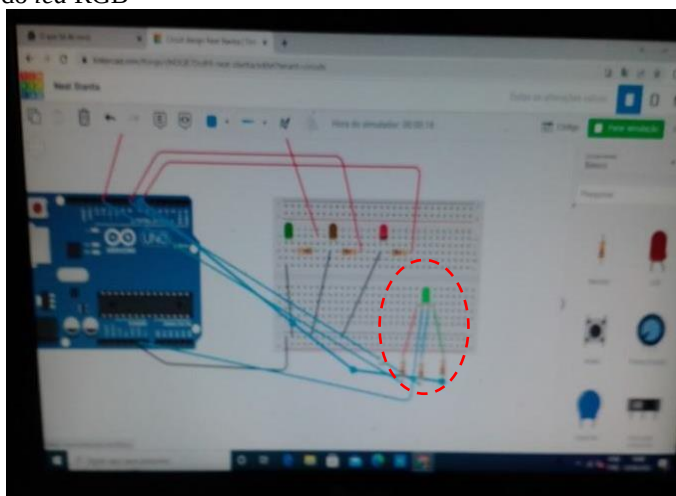
Figura 24 – Alunos trabalhando na construção de um circuito para montar um semáforo



Fonte: Autor (2023)

Essas transformações do abstrato ao real, formam um processo de materialização do pensamento abstrato ou ideias (CAMPOS, 2005; 2011). A própria atividade expõe uma ampliação dos conhecimentos através do reaproveitamento do *sketch* e circuito. Os alunos percebem que podem ir além, após entender como funciona, foi o caso dos alunos EP05 e EP08, que inseriram um *led* RGB, com as três cores em um só (vide figura 25 – com destaque para o *led*). Essa ampliação mostra a autonomia e permissões que o ambiente de aprendizagem em robótica oferece, com instruções básicas os alunos conseguem desenvolver ideias além. Destaca-se que os blocos de problema – a) montar e programar um *led* vermelho; b) montar e programar um *led* amarelo; c) montar e programar um *led* verde – que os alunos separaram para resolver foram compreendidos a ponto de ampliar para montar o RGB, isto é, o algoritmo inicial foi composto se tornando um só.

Figura 25 – Introdução do *led* RGB



Fonte: Autor (2023)

A atividade suscitou algumas dúvidas nos alunos, principalmente se o tempo inserido correspondia ao tempo real. Outro ponto foi a unidade milissegundos, que alguns desconheciam. O teste proposto foi que montassem um *led* e colocassem o tempo correspondente a 10 segundos e verificassem, a resposta foi imediata, de fato, o contador corresponde a um cronômetro real. Essa correspondência ajuda a assimilação e apropriação das ideias propostas, fazendo o artefato participar de sua realidade. As atividades desenvolvidas para a construção do semáforo aconteceram em grupos, na figura 26, as alunas EP01, EP02, EP06 e EP11 constroem o circuito responsável pelo funcionamento do semáforo. Foi observado discussões nos grupos e intensa coletividade para criação do protótipo.

Figura 26 – Montagem em grupo do circuito do Arduino



Fonte: Autor (2023)

O trabalho de construção do circuito e *sketch* é perpassado pelo Construcionismo, uma vez que os alunos interagem com o computador em “busca de informações significativas para a compreensão, representação e resolução de uma situação-problema ou para implementação de um projeto” (ALMEIDA, 1996, p. 63). A construção desse protótipo trouxe à tona diversas discussões, principalmente sobre a utilidade dele para a comunidade local, sendo ineficiente, já que, de acordo com os alunos, não há trânsito intenso. Apesar disso, a aluna EP01 destacou que seria interessante se tivesse no cruzamento da escola onde estudam. Desta forma, a utilização desse primeiro protótipo serviu de introdução para o uso do Arduino, colaborando com os projetos seguintes.

Diversas habilidades podem ser trabalhadas, é um momento de introduzir conceitos importantes, como de resistência que está associado a conteúdos matemáticos de função, potenciação, porcentagem e resolução de equações. Silva (2021) trabalha o cálculo da resistência de um resistor utilizando da fórmula $R = ab10^c \pm d\%$ e a tabela de valores dos

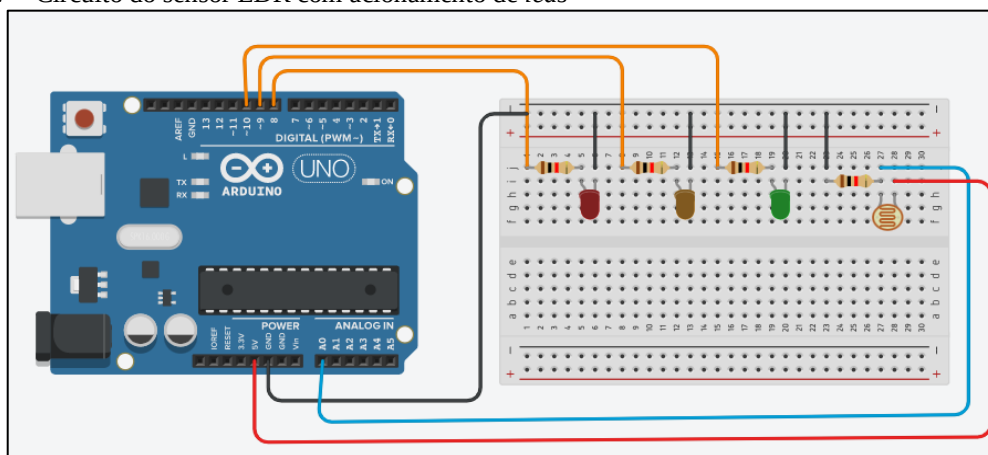
resistores, em que R é a resistência, a , b e c correspondem a cor da primeira faixa que tem um valor associado na tabela e d é uma variação de 5%. Nisto, torna-se interessante que os alunos calculem a resistência e testem no circuito de *leds* para verificar, na prática, como funcionam esses componentes.

Com essas ideias formalizadas, inicia-se a integração com outros componentes, como mostra a subseção seguinte.

4.3.3 Sensor de luz e sensor de distância

O sensor de luz que utiliza um fotorresistor, comumente chamado de LDR, é um componente eletrônico que reage à luz, impedindo a passagem de corrente elétrica. É possível utilizá-lo no Arduino e integrá-lo a outros componentes como *leds* e *buzzers*. O circuito do sensor está disposto na figura 27, obtido no simulador *Tinker*. Foi utilizado *leds* para indicar a faixa de luminosidade do ambiente.

Figura 27 – Circuito do sensor LDR com acionamento de *leds*



Fonte: Autor (2023)

O *sketch* criado trouxe a integração de dois componentes, o LDR e o *led*. Para tanto, o aluno precisou conhecer separadamente cada código e só assim fazia um só código. O *sketch* do projeto está mostrado no quadro 20.

Quadro 20 – *Sketch* para acionamento de *leds* em função das leituras de um sensor LDR

/* Projeto Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos/ Grupo de Pesquisa e Produção Colaborativa de Mídias Digitais e Aprendizagem da Matemática – PROMIDIA - Robótica Educacional com Arduino – REAR - Francisco Vieira - Juscileide Castro - Silvania Marques/ Caucaia-PI/Murici dos Portelas-PI*/

```
int sensor = 0;    //Pino analógico em que o sensor está conectado.
int sensorLDR = 0; //Usada para ler o valor do sensor em tempo real.
```

```

int ledVerde = 10;
int ledAmarelo = 9;
int ledVermelho = 8;

void setup(){//Função setup, executado uma vez ao ligar o Arduino.
  Serial.begin(9600); //Ativando o serial monitor que exibirá os valores lidos no sensor.
  //Definindo pinos digitais dos leds como de saída.
  pinMode(ledVerde,OUTPUT);
  pinMode(ledAmarelo,OUTPUT);
  pinMode(ledVermelho,OUTPUT);
}
//Função loop, responsável pela execução das atividades enquanto o Arduino estiver ligado.
void loop(){
  int sensorLDR = analogRead(sensor); //Lendo o valor do sensor.
  //Valores da luminosidade podem ser alterados conforme necessidade.
  //Luminosidade baixa.
  if (sensorLDR < 350) {
    apagaLeds();
    digitalWrite(ledVermelho,HIGH);
  }
  //Luminosidade média.
  if (sensorLDR >= 350 && sensorLDR <= 500) {
    apagaLeds();
    digitalWrite(ledAmarelo,HIGH);
  }
  //Luminosidade alta.
  if (sensorLDR > 500) {
    apagaLeds();
    digitalWrite(ledVerde,HIGH);
  }
  //Exibindo o valor do sensor no serial monitor.
  Serial.println(sensorLDR);
  delay(50);
}
//Função criada para apagar todos os leds de uma vez.
void apagaLeds() {
  digitalWrite(ledVerde,LOW);
  digitalWrite(ledAmarelo,LOW);
  digitalWrite(ledVermelho,LOW);
}

```

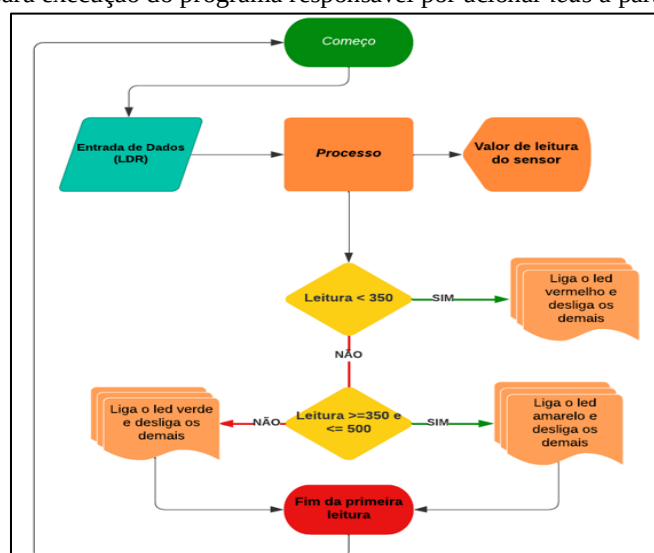
Fonte: Autor (2023)

Reforça aqui as dificuldades para os alunos conseguirem a construção dos códigos sozinhos, neste caso, sendo a ajuda do professor importante e se “o professor não está formado e preparado para atuar como facilitador ou mediador do processo de construção do conhecimento, as ideias poderosas mencionadas por Papert não se desenvolvem” (VALENTE, 1995, p. 2). Corroborando com o autor, Maliuk (2009), assume que os professores têm o papel de organizar a aprendizagem, facilitar e mediar. Nessa faceta, o professor fornece informações necessárias, materiais, textos, promovendo a análise das propostas desenvolvidas pelos alunos, delimitando como cada alunos deve intervir para expor as soluções, questionando e contestando a partir de discussões que direcionam para reformulações valorizando aquelas soluções mais adequadas (*Ibidem.*, 2009). Os aspectos elencados fazem da RE um processo coletivo

convidando os alunos e professores a ensinar, aprender, descobrir e inventar conectando abstrações e o mundo real (QUINTANILHA, 2008).

O *sketch* em questão apresenta conectivos lógicos e símbolos matemáticas para especificar as condições. Por exemplo, na primeira condicional *if*, se o valor do sensor for inferior a 350, apenas o *led* vermelho será acionado, deixando os demais apagados. Dentro dessas condições poderiam ser inseridos outros componentes, como *buzzers* ou motores. A construção desse artefato trouxe nuances instrucionistas, o código foi construído linha por linha e os alunos viam por uma projeção, reproduzindo e tendo contato com as primeiras funções. Uma das alternativas e que foi utilizada é a explicitação do projeto sendo construído um algoritmo inicial (figura 28).

Figura 28 – Algoritmo para execução do programa responsável por acionar *leds* a partir da leitura de luz



Fonte: Autor (2023)

A construção do fluxograma que representa o algoritmo ajudou na compreensão do projeto, ficando um norte para aquela atividade. Nos documentos que balizam a Educação é salientado que os algoritmos e fluxogramas têm sua importância, podendo ser “objetos de estudo nas aulas de Matemática. Um algoritmo é uma sequência finita de procedimentos que permite resolver um determinado problema” (BRASIL, 2018, p. 271). No complemento, a BNCC de Computação, é prescrito que os alunos precisam planejar e gerenciar projetos, fazendo uso de diferentes artefatos computacionais produzindo fluxogramas para comunicar processos (BRASIL, 2022).

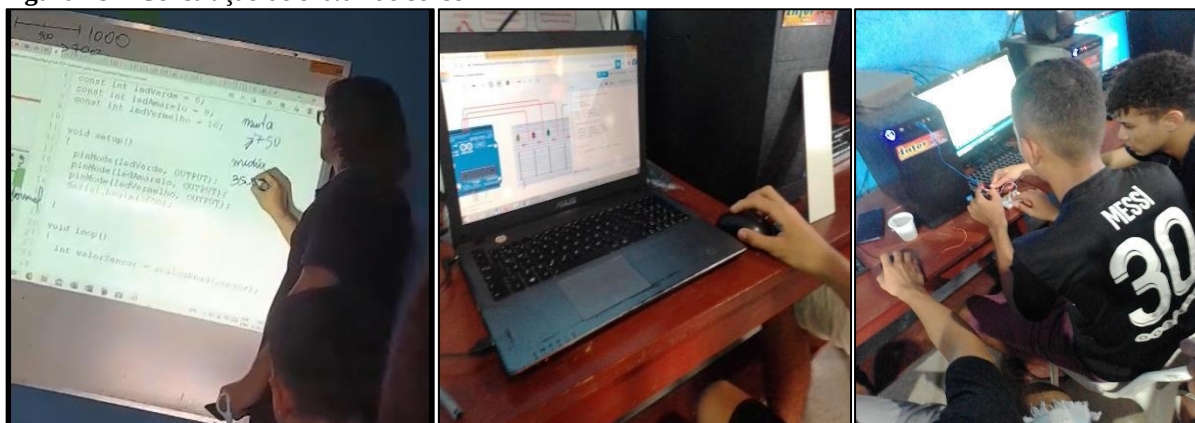
Esse protótipo enveredou por esteiras instrucionistas, pois os alunos, em alguns momentos demonstravam não saber o que de fato estavam fazendo, sendo necessário percorrer

alguns degraus, principalmente, reproduzindo no simulador, para só depois montar o circuito físico. A oportunidade permitiu trabalhar com diversas funções, como *const*, *int*, *analog read*, *void setup* e *loop*, *if* e *else*. Cada uma delas foi detalhada, mas o que importava era a compreensão dos conectivos lógicos “se, senão”, abordados com detalhes, pois serviria para explicar que o Arduino poderia ser programado para tomar decisões a partir de dados coletados por seus sensores do ambiente externo. Assim sendo, os componentes do Arduino podem ser classificados em três categorias básicas: entrada, ação e intermediários.

Os primeiros dizem respeito àqueles que realizam a leitura de dados externos e transformam em pulsos elétricos compreendidos pelo Arduino, os sensores, já os componentes de ação são responsáveis por realizar alguma ação, motores, *leds* e *buzzers*, seja pela programação ou a partir de dados coletados, por sua vez os intermediários realizam funções específicas dentro do projeto, como os transistores e fios jumpers. Alguns componentes podem ter duas classificações, como o sensor ultrassônico, que envia pulsos de ondas e recebe-as, para calcular, por exemplo, distâncias.

Foi definido em conjunto que seriam acionados três *leds*, dependendo dos dados coletados do sensor LDR. Para isso foi necessário saber quais os limites do sensor, isto é, quais as leituras mínimas e máximas que poderia realizar. Com a informação pronta, os alunos informaram que se a luminosidade – de acordo com o sensor – fosse igual ou superior a 750, seria considerada alta e abaixo de 350 seria baixa, ficando o intervalo entre os dois números considerada média. Dentre as limitações para construção do artefato pode ser citado a dificuldade, por parte dos estudantes, para compreender os sinais de $>$, $<$, $\geq$ e $\leq$, superada com explicações no quadro, retomando a ideia de ordenação de números e que os sinais expressam desigualdades (Vide figura 29-a).

Figura 29 – Construção do *sketch* do sensor LDR



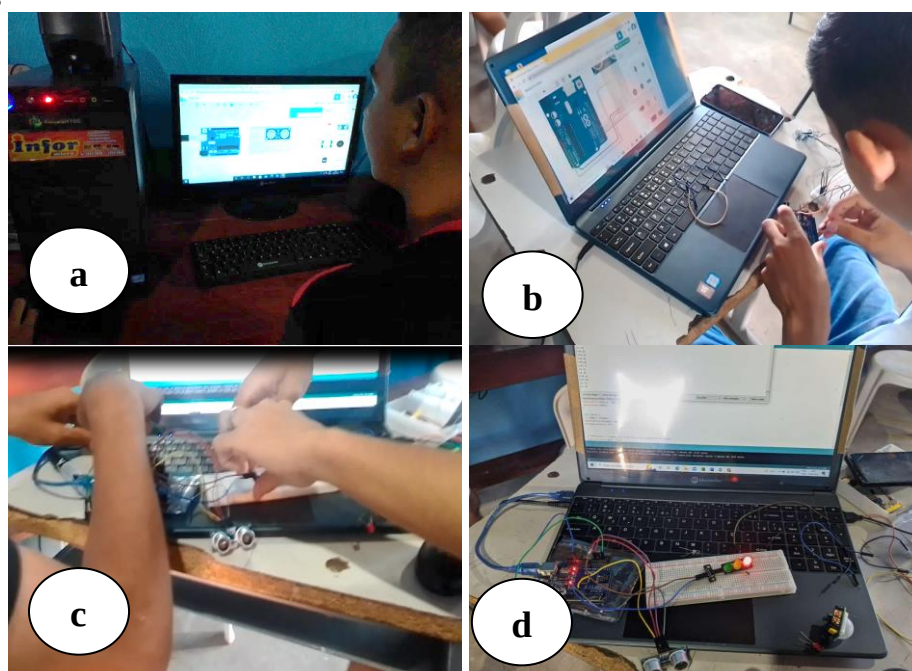
Fonte: Autor (2023)

Após a construção e testes no *Tinkercad* (figura 29-b), os alunos EP04 e EP07 partiram para a montagem do protótipo físico (figura 29-c), utilizando as placas Arduino. É evidenciado a seriedade dos alunos no desenvolvimento das atividades e a alegria espontânea ao realizar conseguirem executar o proposto, junto a expressões de frustração durante os erros apresentados. O sensor LDR imprimiu dificuldades nos alunos, que se sentiram desafiados. Nesta atividade, de modo geral os alunos precisaram recorrer a conceitos matemáticos básicos, como símbolos e noções de lógica.

Das percepções que podem ser elencadas, é interessante discorrer sobre as diferenças nas medidas do simulador e reais. Quando o *sketch* foi carregado para o Arduino, os *leds* não estavam funcionando de acordo, foi necessário uma recalibração, alterando os valores. No simulador um dos *leds* iria ser acionado se a luminosidade fosse igual ou superior a 750, no entanto esse *led* não acendia, sendo necessário reduzir para 500.

A formalização da lógica, algoritmo e *sketch* permitiu avançar para o próximo artefato, um sensor que medisse e mostrasse a distância dele a um objeto, utilizando o módulo ultrassônico. Neste caso, é mostrado o *sketch* para o sensor e depois os alunos ficaram à vontade para integrar com outros componentes, *leds*, *buzzers*, motores. O ponto inicial foi um desafio para que os alunos conseguissem a construção sozinhos utilizando o simulador. Passando por muitos erros e auxílio do professor, o protótipo foi construído no simulador e depois foi realizada a montagem física de acordo com a sequência de imagens na figura 30.

Figura 30 – Sequência de passos para a construção do sensor ultrassônico e posterior integração com outros componentes



Fonte: Autor (2023)

Na sequência de imagens, os alunos, após colocarem o sensor ultrassônico para funcionar, iniciaram a integração com outros componentes, na figura 30-d, o sensor já está acionando *leds* e um *buzzer*. Na configuração do *sketch*, os alunos programaram para que objetos que estivessem com 50 cm ou menos iria fazer acionar o *led* vermelho e o *buzzer*, avisando que haveria algum objeto próximo. Alguns dos alunos fizeram associação com o sensor de estacionamento de carros, que avisam quando detectam algum objeto. A compreensão do *sketch* do sensor ultrassônico se deu a partir de uma explicação que retornou ao estudo de equações do primeiro grau, incluindo grandezas de medidas e a propagação de ondas sonoras, demonstrando a capacidade do Arduino de realizar cálculos precisos (figura 31). Rapidamente os conteúdos foram associados com aqueles vistos na escola, de Matemática e Física, abrindo precedentes para que atividades com o microcontrolador possam ser incluídas no ambiente escolar.

Figura 31 – Explicação matemática do sketch do sensor ultrassônico

Velocidade de propagação do som no ar: 340 m/s

$340 \text{ m} \rightarrow 340 \cdot 100 = 34000$

$V = \frac{34000}{1000000} \cdot \frac{34}{100} = 0.034$

$\times$ Velocidade ???

$V = \text{velocidade}$ $\rightarrow$ p/ o Arduino

$t = \text{tempo ou duracao}$

$D = \text{espaço ou dist}$

se: $V = 0.034$ e duracao

então

$dist = duracao \cdot 0.034 / 2$

para fazer a conversão

Fonte: Autor (2023)

A fórmula apresentada sintetiza o cálculo para detectar a distância de um objeto ao sensor, utilizando como parâmetro a velocidade do som, já que o sensor utiliza a propagação de ondas. Assim, foi mostrado para os alunos as transformações necessárias até chegar à equação final que o Arduino utiliza para determinar a distância:

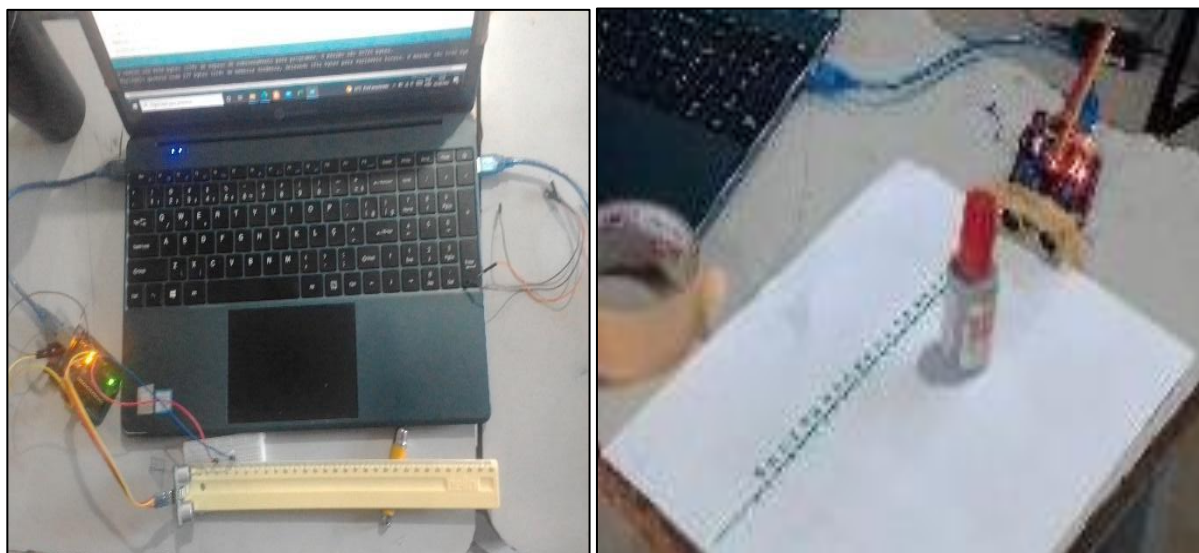
$$velocidade = \frac{distância}{duração} = \frac{2d}{t} \rightarrow v = \frac{2d}{t} \rightarrow d = \frac{v.t}{2} \quad (1)$$



$$0,034 = \frac{d}{t} = \frac{2d}{t} \rightarrow 0,034 = \frac{2d}{t} \rightarrow d = \frac{0,034.t}{2} \quad (2)$$

A equação (1) e (2) representam uma função do primeiro grau na qual a distância está em função do tempo (t), ou seja, d(t). A retomada desses conteúdos ajuda os alunos a compreenderem o código e sua relação com o circuito montado, assim, ele pode ser quebrado em blocos associados com os blocos dos circuitos e compreendidos individualmente ao associá-los. Uma discussão levantada pelo professor foi a exatidão do medidor de distância: Será que ele é fiel nas medidas? Tal questionamento se deu após a pergunta da aluna EP06 sobre a quantidade de casas decimais dos números, por que não tinha mais? Assim sendo, foi proposto a realização de um teste onde o sensor estaria no marco zero de uma régua e um objeto seria posicionado para saber se havia variações. Foi percebido que o sensor tinha uma variação de 2 a 3 cm para mais ou para menos. O experimento é mostrado na figura 32.

Figura 32 – Régua digital utilizando o sensor ultrassônico



Fonte: Autor (2023)

O protótipo permitiu a checagem dos valores e alterações do código, para saber se a alteração de casas decimais mudava as medidas. Nisto, a conclusão foi que o número ideal para inserir na fórmula presente no *sketch* era 0,034. Apesar da definição do parâmetro, parte dos

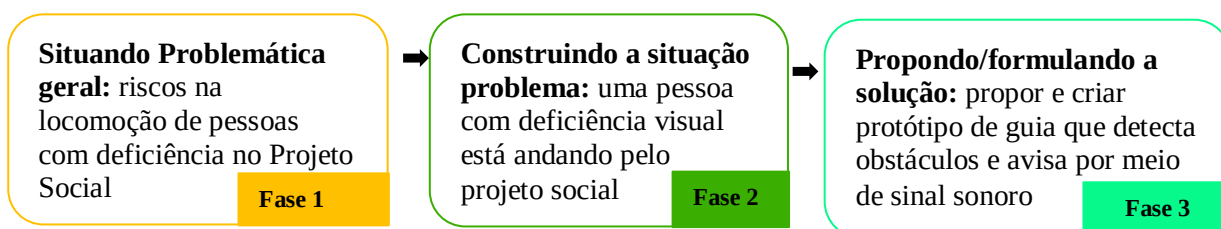
alunos não compreenderam as transformações das unidades de medida de velocidade, isto é, porque está sendo utilizado esse número. Outras atividades podem ser desenvolvidas para a discussão de conceitos matemáticos. Além da construção da régua digital, as atividades podem ser trabalhadas como o uso de sensores em carrinhos, sempre iniciando pela discussão do algoritmo e funcionalidades do projeto. Sobre os conhecimentos matemáticos que estão distribuídos nos protótipos, conceitos como noção de função do primeiro grau e grandezas podem ser abordados. Silva (2021), por exemplo, apresenta a construção do sensor para cálculo da velocidade do som.

Importa sempre atribuir um significado ao projeto, ele precisa ter uma funcionalidade, isto posto, caminha-se para utilizá-lo em favor da Matemática. Com os experimentos plantados, os alunos foram perguntados sobre a utilidade do sensor ultrassônico e adjacentes. A ideia do sensor do carro surgiu novamente, mas foram os alunos EP01 e EP09 que propuseram a criação de uma guia para pessoas com deficiência visual a partir dos projetos já criados, que será abordada na próxima subseção.

4.3.4 Guia inteligente para deficientes visuais

A locomoção nas cidades torna-se um problema, algo que foi relatado durante as aulas. Nos diálogos, os alunos falaram que para pessoas com deficiência se tornaria ainda mais complicado, relatando a ausência de calçadas e ruas com pavimento poliédrico. Assim, foi avistada a possibilidade de criar um instrumento que ajudasse deficientes visuais. Inicialmente a ideia que circundava o imaginário do professor era um capacete unido a um colete, mas refutada pelos alunos, contrapondo a partir da ideia de criação de uma guia para deficientes visuais que identificasse possíveis obstáculos e avisasse com sinais sonoros. O esquema de criação pode ser visualizado na figura 33.

Figura 33 – Esquema das fases para construção da guia



Fonte: Autor (2023)

Com as fases elencadas, os alunos foram situados da proposta, cabendo agora resolver o problema, que era a criação da guia inteligente. Todo o circuito e *sketch* foram aproveitados

de um projeto criado na aula anterior pelos alunos EP08 e EP09. Assim, o trabalho seria adaptado para uma guia. É possível identificar como os componentes do Arduino (placas, sensores, *buzzer*, *leds*, resistores, fios, etc.) vão se articulando e ganhando significado. Destarte, esses componentes separados não têm um sentido próprio, quando foi unido ao Arduino, ao *LED* e ao sensor ultrassônico se transformou em um robô, que apitava se algo se aproximasse a partir de uma distância já definida. Quando acoplado ao taco de sinuca, não existem mais componentes ou um artefato isolado, passa agora a ser uma guia para pessoas com deficiência, que visa a redução de acidentes, protegendo a pessoa, oportunizando a inclusão.

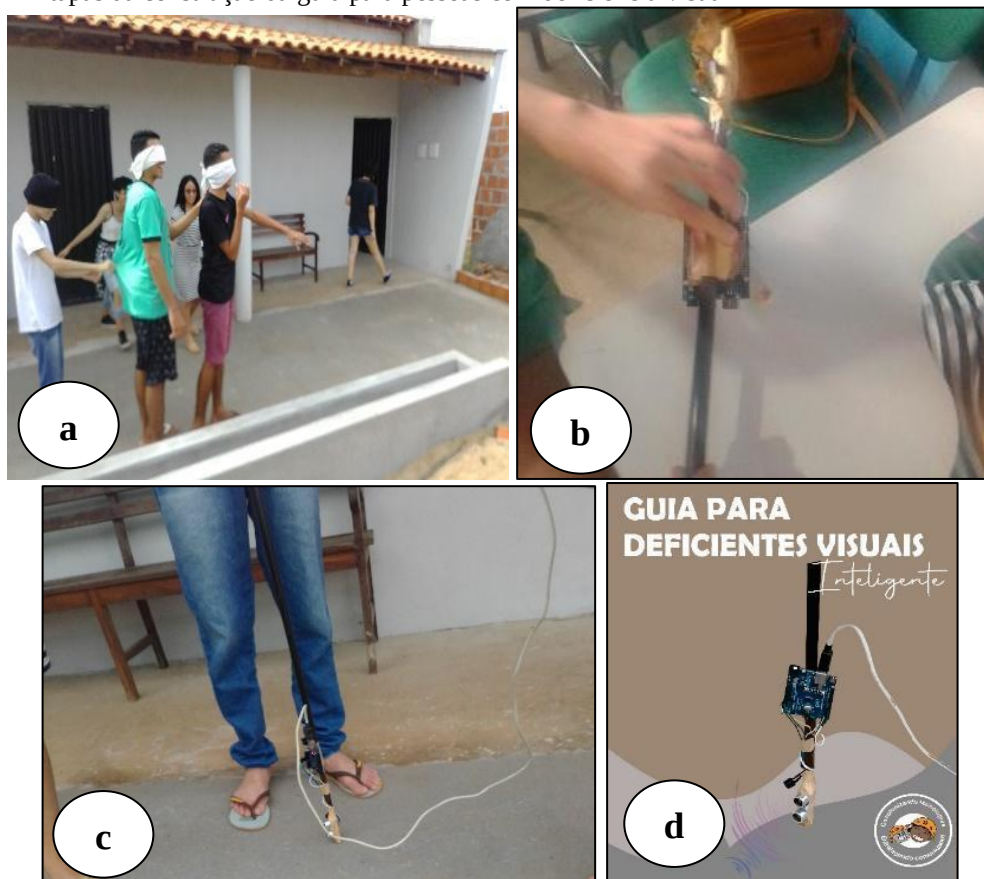
Neste sentido, diante da ideia de fazer uma guia para pessoas com deficiência visual com apito sonoro para avisar a existência de obstáculos, considerou-se importante trazer algumas etapas do *design thinking*: empatia ou imersão, definição, ideação, prototipação e testagem (CAVALCANTI; FILATRO, 2016). Desta forma, na Educação, o *design thinking* compreende que todos os elementos precisam estar conectados, fazendo com que este processo seja útil para que esses elementos da sociedade “que estejam envolvidos no processo educacional aprendam a situar as pessoas, coisas e os porquês no mundo” (OLIVEIRA, 2014, p. 118).

Para que os alunos pudessem criar uma tecnologia assistiva⁷, isto é, algum recurso que amplie habilidades de pessoas com deficiência, foi realizado uma atividade de imersão ou empatia, na qual alguns alunos tiveram que andar no ambiente do projeto de olhos vendados, para identificar as reais dificuldades e perigos que o prédio oferece.

Após essa fase foi o momento de definir o que seria feito e quem faria. Para que todos participassem foram criados grupos para programar, criar o circuito, montar o protótipo e testar. Como os alunos já tinham os códigos e os circuitos no simulador, reaproveitaram com pequenas alterações, principalmente em relação à distância que a guia deveria identificar, o que gerou uma discussão e chegando à medida de 30 cm. Na figura 34 é apresentado as etapas da construção da guia.

⁷ Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. (GALVÃO FILHO *et al.*, 2009, p. 26)

Figura 34 – Etapas da construção da guia para pessoas com deficiência visual



Fonte: Autor (2023)

Na figura 34-a, os alunos realizam um passeio nas dependências do projeto que corresponde a fase 1, a fim de identificar as dificuldades existentes, na sequência o grupo responsável pela montagem do circuito, o teste e o protótipo sendo exibido, fase 2. No âmbito do *design thinking*, a fase 2 corresponde à imersão, momento no qual os estudantes desenvolvem a empatia para fazer as devidas definições. Na ideação os alunos passam a planejar como será o protótipo, iniciando a fase 3. A construção, que já é a prototipagem, teve o uso de uma placa Arduino, um sensor ultrassônico, uma *protoboard*, um *buzzer* e um taco de sinuca, acontecendo em uma aula e possibilitou discussões interessantes, principalmente quanto às adaptações. Com os testes realizados, alguns problemas foram identificados. Na ideação o protótipo foi construído para funcionar perpendicular ao solo. Um erro que a equipe não pensou. Até porque estavam conhecendo o sensor. Outra limitação era que o sensor não identificava buracos, podendo ser um risco para o usuário (figura 35).

Figura 35 – Protótipo idealizado x Protótipo funcionando em ambiente real



Fonte: Autor (2023).

Com as deficiências encontradas, os grupos retornaram à sala para discutir as soluções para que o protótipo fosse uma tecnologia que beneficiasse a pessoa com deficiência. Parte da discussão está no Protocolo 12.

Protocolo 12 – Extrato da gravação de vídeo ocorrida no módulo que trata da criação da guia para pessoas com deficiência visual

[...]

Pror-A: - Que o usuário, tu viu que tu sempre fica assim... como tu não sabe, né?!... (FALANDO COM O EP07).

EP07: Nessa parte eu não sei!

Pror-A: - Éé... como que seria uma solução? Como tu gira, ele só vai 30°, aí de repente tem um objeto aqui que ele não vai identificar (mostro como no desenho), aí qual a solução? Tem uma solução bem simples.

EP07: - Cara... como é, como é?

Pror-A: - É porque aqui o ângulo só fica em 30°. O EP07 teve um momento que ele fez assim, foi na torre... na pilastra e ele não identificou, porque tava fora do alcance. Qual a solução?

EP02: - **Botar mais um.**

EP07: - Mais um mesmo onde?

Pror-A: - Mais um sensor ultrassônico. Aí, a gente poderia até botar quatro, não, quatro não, porque tem a...

EP10: - Ele exige mais...

EP02: - Ia ligar na tomada, mas vai que... (risos)

Pror-A: - Então botaria dois, aí ficaria com ângulo de 60°. Outra coisa é a inclinação dele aqui, porque o usuário sempre vai ficar assim. Tem novamente a questão do ângulo de 30°, porque o sensor vai estar para cima.

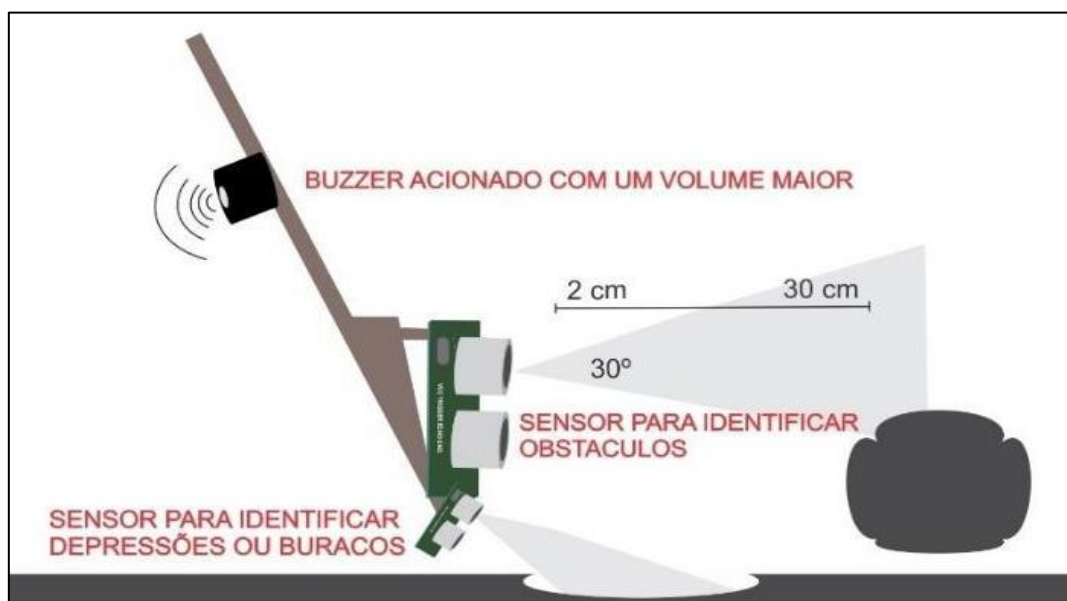
EP10: - **Então o sensor vai ter que tá deitado?**

Pror-A: - É, mas mais inclinado. Como esse aqui é um protótipo a gente faz o protótipo para justamente descobrir os defeitos, aí vai consertando. Aí, melhora ele.

(...)

O protocolo 11 apresenta as discussões com o grupo de alunos do curso para solucionar os problemas do protótipo que estava sendo construído. Como o sensor foi projetado para funcionar a 90° em relação ao solo e quando testado ele acabava ficando para cima, apresentasse uma falha grave de funcionamento, como é abordado pelo professor “Como tu gira, ele só vai 30°, aí de repente tem um objeto aqui que ele não vai identificar, aí qual a solução?”. Questionados sobre a solução, a aluna EP02 sugeriu que houvesse mais de um sensor, fazendo com que houvesse um aumento do campo de detecção do sensor. O problema da angulação foi resolvido a partir da informação dada pelo professor de que, mesmo adicionando um sensor, ainda continuaria direcionado para cima. A aluna EP10 pergunta se teria que deitar o sensor, confirmado pelo professor que haveria a necessidade de uma inclinação. Durante o teste, o usuário reclamou do *buzzer* está com baixo volume, sendo aumentado na nova versão do *sketch*. O consolidado das alterações propostas nas discussões está na figura 36.

Figura 36 – Solução para o protótipo



Fonte: Autor (2023)

A construção de uma tecnologia assistiva que permite aos alunos experimentações que vão além de montar circuitos e *sketches*, invocando também o sentimento de empatia para com aqueles que têm limitações de movimentação no espaço, principalmente na cidade de Murici dos Portelas. Esta pode ser considerada uma atividade emancipadora em diversos espectros. As percepções é que os alunos, no início, apesar de saberem que construíram uma guia, ainda não conseguiam fazer projeções mentais, entretanto, a partir do protótipo montado, visualizavam

com clareza e conseguiram uma solução para os problemas. Cada pedaço ou conexão eles sabiam e as alterações sugeridas se tornaram fáceis de corrigir. Estavam no momento sendo engenheiros em um projeto para beneficiar a vida de pessoas que não enxergam, além do trabalho de construção da guia inteligente prestavam um serviço à sociedade.

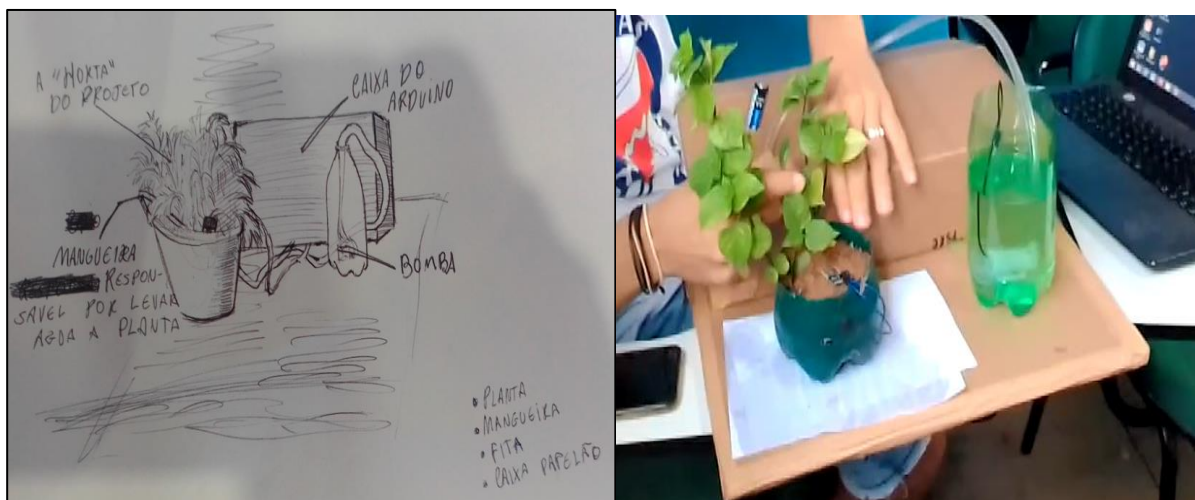
A guia inteligente para pessoas com deficiência visual seria o norte para que os alunos construíssem seus projetos, aqueles de finalização do primeiro módulo do curso. A sua construção implicou a necessidade de conhecimentos dos ângulos e cálculo por estimativa, trazendo à tona a mobilização de conhecimentos matemáticos sem estarem em uma aula de matemática. Na próxima subseção será apresentado o sistema de irrigação inteligente.

4.3.5 Sistema de irrigação inteligente (SII)

A ideia de um sistema de irrigação inteligente partiu de conversas durante as aulas e ficou definido que os alunos EP04 e EP07 iriam ficar responsáveis pelo protótipo. O projeto foi copiado da internet e posteriormente alterado, para atender as necessidades locais. Os diálogos iniciais para construção do protótipo encaminharam para o esclarecimento de dúvidas, principalmente em relação aos nomes utilizados: por que irrigação inteligente e não automatizada? Nisto, foi apresentado que o sistema poderia ser automatizado, se realizasse a irrigação seguindo um intervalo de tempo infinitamente. Todavia, se considerar um sistema inteligente, este só irá irrigar a planta ou horta a partir da leitura do sensor, caso detecte que o solo não está mais úmido.

Para tanto, o sistema construído é composto por uma placa de Arduino, um módulo sensor de umidade do solo, uma bomba submersível, um relé (interruptor), pilhas para alimentação da bomba e os fios *jumpers*. A lógica do sistema era simples, a partir da leitura da umidade do solo, dos quais era convertido em porcentagem, o Arduino, em uma função *if*, ligava ou desligava a bomba. O *sketch* foi reaproveitado da internet, sofrendo alterações para que se adequasse ao projeto, principalmente quando se pensou em utilizar esse protótipo para uma horta. Assim, na figura 37, os alunos desenharam o protótipo e ao lado, o projeto já foi construído e em funcionamento.

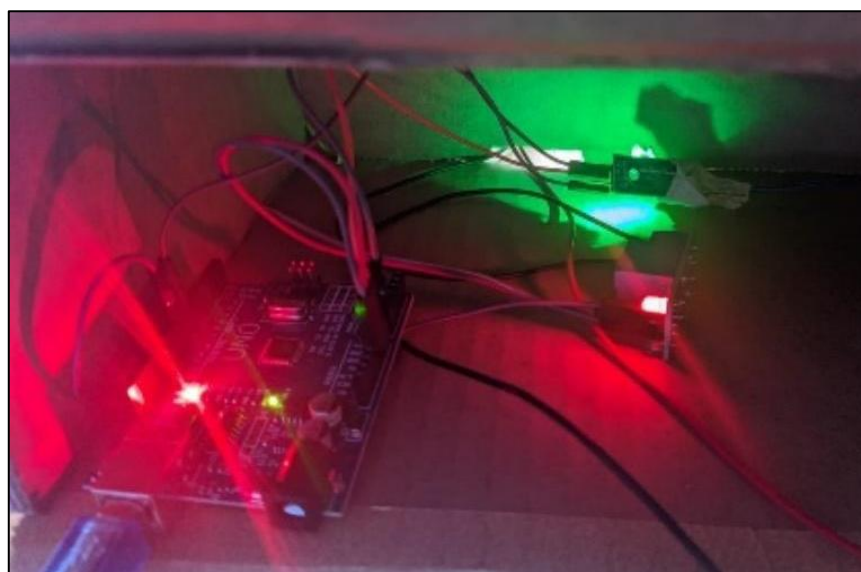
Figura 37 – Ideação e protótipo pronto



Fonte: Autor (2023)

Toda a estrutura do protótipo foi feita com materiais recicláveis, como papelão e garrafa pet, facilitando a sua construção. Apesar de terem encontrado o *sketch* e circuito prontos, existiu todo um processo para montarem. Nisto, cada componente que fazia parte do protótipo teve seu funcionamento e programação conhecidos, para assim funcionarem de forma articulada. De certa forma, como já haviam trabalhado anteriormente vários componentes como o sensor ultrassônico, as dificuldades foram reduzidas. Durante a montagem os alunos questionaram porque o uso do relé ao invés de só ligar a bomba direto no Arduino, compreendendo posteriormente que na verdade a bomba precisa de uma alimentação diferente e o Arduino só ativa o interruptor (figura 38).

Figura 38 – Parte interna do protótipo



Fonte: Autor (2023)

Um dos testes realizados foi como o encharcamento do solo se relacionava com os valores do sensor, desta forma os alunos tiveram que associa-lo ao percentual mostrado no monitor serial, principalmente quando o projeto se expandiu para que fosse um sistema de irrigação de uma horta no projeto, já que todos os testes foram realizados usando uma planta residencial. Nisto, a alta sensibilidade fazia a bomba desligar instantaneamente após alguns segundos, foi discutido sobre a alteração dos percentuais do sensor, no sketch, e reposicionamento do sensor, além da inclinação do solo, para que a água percorresse o máximo de terreno antes de chegar ao sensor.

O protótipo foi expandido para além do espaço do projeto social através de uma oficina ministrada pelos dois participantes do curso a alunos da Unidade Escolar Pedro Américo de Sousa, a ideia era mostrar o processo de construção e a como a nova tecnologia poderia ajudar. No intuito de conhecer a realidade da escola, foi proposto a realização de uma coleta de informações a fim de subsidiar a realização da oficina. Nisto, foi necessário a realização de uma pesquisa, que incluiu coleta, organização e análise dos dados (figura 39).

Figura 39 – Resposta coletada dos alunos que participaram da pesquisa

Irrigação Inteligente!

☐ Os alunos sabem que a escola tem horta?

Sabem

☐ quem é responsável por irrigar?

a gente do 6º e (A)

Quais tipos de hortaliças na horta?

tomate, cebola de polka, pimentão

Quantas vezes por dia elas precisam ser regadas?

2 vezes alguns dias porque
nossa mãe ela está querendo
de.

A quantidade de água para cada tipo de hortaliças é a mesma ou diferente?

e a mesma

Fonte: Autor (2023)

Com as informações coletadas, outros ajustes tiveram que ser realizados no artefato, principalmente relacionados à sensibilidade. Neste trabalho, toda a equipe se envolveu para poder efetivar a pesquisa e gerar os dados necessários. Esta atividade exigiu que os alunos pesquisassem unindo conhecimentos advindos da escola e novos para que conseguissem finalizá-la. Não foi só definir as perguntas ideais e nem aplicar os questionários, que até então geraram dados irrelevantes. Foi preciso formar um arranjo para esses dados adjacentes às observações da horta que a escola tinha. Com os dados coletados, a organização se deu na unidade de ensino onde estudam, estando todos ainda sem ideias de como fazer para que aquele apanhado se transformasse em informação e depois conhecimento. A intervenção do professor aconteceu a partir da indicação que deveriam fazer a contagem manual e organizar as respostas por quantitativos e depois na construção dos gráficos, utilizando um *software* próprio.

Os alunos tiveram contato com a pesquisa, seguindo um rito próprio, observando como a geração dessas informações foram relevantes para a continuidade do SII. A síntese da atividade realizada no projeto social, expandida para uma escola por meio de uma oficina pode ser observada na figura 40.

Figura 40 – Sequência de atividades para criação do Sistema de irrigação inteligente



Fonte: Autor (2023)

A sequência de imagens apresenta o processo de construção do SII (figura 40-a), a coleta de dados e organização (figura 40-b e 40-c), a oficina (figura 40-d e 40-e) e a discussão da eventual instalação do protótipo (figura 40-f). Na oficina realizada, além do protótipo

construído, foi realizada uma discussão com os alunos que participaram sobre a instalação do sistema, isto é, a forma mais eficiente de operação. Dentre as propostas que foram elencadas, os alunos sugeriram a instalação de mais sensores, pois apenas poderiam limitar a irrigação, fazendo com que parte da horta não fosse irrigada. Observou-se o engajamento dos alunos, tanto do curso como da oficina na realização das atividades propostas.

As oficinas, para os alunos do curso, ofereceram novas experiências, agora estavam compartilhando o que desenvolveram nas aulas de robótica durante o primeiro módulo, tendo contato com estudantes de outras faixas etárias, estando agora na posição de monitor, deveriam ensinar o que haviam aprendido. A construção do protótipo teve como ponto inicial uma problemática, que seria a irrigação das hortas na escola por meio de sistemas automatizados e/ou inteligente, considerando assim um contexto local, ajudando-os a desenvolverem soluções por meio dos artefatos, fazendo aparecer ideias e teorias próprias, passando pela autonomia, protagonismo, coletividade e autoria. Concatenando, Pio *et. al.* (2006) inserem que a RE estimula a cooperação, criatividade e planejamento. Oliveira e Mill (2019) acrescentam que nos ambientes de robótica estão presentes a afetividade, empatia e criticidade induzindo os alunos a agirem colaborativa e subjetivamente, possibilitando o desenvolvimento do aprendizado.

Na mesma linha, Guedes, Guedes e Castro (2013, p. 211), acrescentam que “a Robótica Educativa nas escolas visa proporcionar aos alunos o despertar do raciocínio lógico, a criatividade, a autonomia no aprendizado, a compreensão de conceitos e procura melhorar a convivência em grupo”. A construção de pensamentos para efetivar a solução, o conjunto de ferramentas e sistemas computacionais disponíveis, colocam a atividade no seio do Construcionismo, deixando os alunos como construtores dos seus conhecimentos, unindo e articulando cotidianos e aqueles aprendidos na escola.

A próxima subseção discorrerá sobre a criação de abajur inteligente, acionado com palmas.

4.3.6 Abajur

A aplicação do questionário inicial revelou alguns problemas de Murici dos Portelas, um dos citados, foi o fornecimento de energia elétrica. O grupo, formado pelas alunas EP01, EP02, EP06, EP10 e EP11, inicialmente propuseram a criação de um instrumento de medida para otimizar a triagem no hospital da cidade, todavia, pela insuficiência de equipamentos, foi apontado como alternativa a criação de um abajur acionado através de palmas. A aluna EP11 ao ser questionada sobre o problema que o grupo identificou e quais as motivações a aluna

respondeu que o interesse esteve no circuito, pois acionaria uma lâmpada a partir de barulho identificado (Protocolo 13).

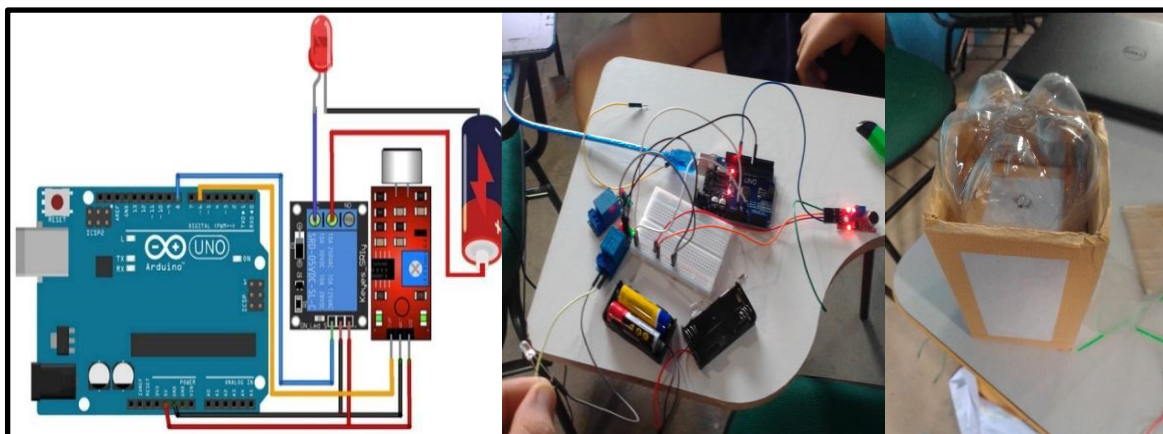
Protocolo 13 - Extrato da resposta da aluna ao responder sobre a identificação do problema

Primeiro a gente achou interessante o circuito identificar o barulho e acender a luz. Daí a gente pensou em algo útil para utilizar isso, pensamos primeiro na lâmpada. Só que montar uma lâmpada não ia dar muito certo, então a gente usou o mais básico que seria o abajur. (EP11)

Foi procurado soluções mais simples e usuais, de acordo com a aluna, “montar uma lâmpada não ia dar muito certo, então a gente usou o mais básico”. Esse caminho assumido demonstra a consciência dos alunos mediante os protótipos idealizados. Todo o projeto foi encontrado na internet, sofrendo alterações quanto a disposição do circuito e calibração do sensor de som, que utilizou adicionado à placa Arduino um relé, para acionamento da lâmpada.

Dos protótipos construídos, esse apresentou um grau de dificuldade maior, pois deveriam fazer o Arduino identificar o intervalo entre um pico de som e outro, que seriam as palmas para acionar a lâmpada ao passo que a sensibilidade do sensor deveria estar adequada, assim a aluna EP11 afirmou que “foram muitas tentativas, principalmente na hora de montar base. Deu trabalho!”. Desta forma, é mostrado o processo de montagem do circuito, sendo visível o abajur finalizado (figura 41).

Figura 41 – Proposta de circuito, circuito montado e protótipo



Fonte: Autor (2023)

A consecução do protótipo aconteceu em três aulas, permeada de diversos erros e testes até chegar na versão para apresentação. As alunas demonstraram certa frustração, principalmente pela dificuldade, todo o processo de montagem do circuito, análise e alteração do *sketch* e calibração do sensor exigiram muito das alunas (Protocolo 14).

Protocolo 14 – Respostas dos alunos na entrevista final sobre existência de erros nos protótipos PROF-A: houve erros no desenvolvimento do projeto?

Nossa! **Muito erro**, foi o que mais teve. (EP11)

Teve, por isso que a gente estava, né. (EP02)

PROF-A: Como lidaram com os erros?

Foi **bastante frustrante no começo**, mas depois de um tempo foi se tornando engraçado e foi levado para o lado humorístico (EP11)

Os estudantes mostram o erro não como um entrave de acordo com os destaques do protocolo 12, já que todos conseguiram construir seus protótipos, mas como um elemento pertencente ao processo de prototipação, corroborando com Pio, Castro e Castro Junior (2006), em que mostram a visão dos alunos ao enxergar os erros com desafios e não impedimento. Gomes *et. al.* (2010), apresentam que o processo de construção de protótipos incorpora um ambiente de aprendizagem dinâmico em que os alunos pensam sobre o funcionamento e experimentam os artefatos, analisando e corrigindo os possíveis erros, tendo agora uma nova compreensão, que foge ao certo e errado, mas se é executável (PAPERT, 1985).

Depois do protótipo montado na estrutura, feita de papelão e fita junto ao fundo de uma garrafa pet cortada, foi necessário desmontar para uma nova calibração do sensor, já que dentro da caixa havia limitações de som. Outras mudanças foram feitas, após um árduo tempo dedicado para fazer funcionar, as meninas eufóricas testaram mudar a quantidade de palmas e o tempo máximo e mínimo entre palmas, estando seguras, como se tivessem dominado aquele problema complexo.

A construção desse protótipo, permitiu observar como as atividades podem envolver os jovens desafiando-os a se apropriarem da tecnologia. Metodologicamente, os alunos vão aprendendo a trabalhar com a programação à medida que vão conhecendo novos termos, e integrando os códigos, articulando o funcionamento de diversos componentes. Se por um lado, a programação em blocos é essencial para iniciantes, a partir da apropriação é interessante que os estudantes avancem e consigam trabalhar com as linguagens textuais, corroborando com Weintrop, Wilensky (2015) e Solorzano (2019). O abajur construído atendeu as expectativas das estudantes demandando criatividade, cooperação e poder de investigação.

As alunas, para trabalhar o *sketch* e funcionamento do protótipo, precisam lidar com números muito pequenos, as subunidades do segundo, identificar a necessidade ou não de resistores, e qual deve ser a resistência, e compreender a estrutura lógica, principalmente fazendo uso de um algoritmo. A estrutura do abajur pode ser utilizada para abordar os sólidos geométricos, podendo ser planejados e outras atividades para conhecer as suas características.

Esses percursos norteiam para uma ação matemática inicialmente no eixo dos números e geometria. Indicando caminhos possíveis para o desenvolvimento de atividades também em Estatística.

A próxima subseção apresenta o protótipo construído a fim de atender as exigências de distanciamento social, ainda vigentes, no período do curso.

4.3.7 Sensor de Distanciamento Social (SDS)

Apesar do afrouxamento das regras de distanciamento social, os alunos EP03 e EP05, descreveram que na escola ainda havia orientações para manterem o distanciamento social, nisto, escolheram fazer um sensor que acusasse, por meio de sinal sonoro, qual objeto, especialmente pessoas, estariam a uma distância inferior a 01 metro. O Sensor de Distanciamento Social ou SDS construído teve como conceito básico a guia para pessoas com deficiência visual, utilizando os mesmos componentes, em uma nova arrumação ou arranjo. Neste ambiente, um mesmo circuito ganha um novo significado, com alterações apenas lógicas e uma nova carcaça, o protótipo assumia novas funcionalidades, agora avisaria os usuários que estavam se aproximando, além do permitido, de acordo com as regras de distanciamento social. O mesmo robô se transfigura, tornando-se agora um aparelho importante no contexto pandêmico (figura 42).

Figura 42 – Processo de construção do SDS



Fonte: Autor (2023)

A nova configuração dos componentes gerou o SDS, que acoplado ao peito do usuário avisaria para que pessoas não ficassem a menos de um metro. Além das novas disposições dos componentes, o *sketch* teve que sofrer adaptações. As estratégias encontradas denotam a utilização do PC, nisto, os alunos buscam padrões, isto é, soluções semelhantes, e acham na guia e nos primeiros projetos realizados. Este momento de pesquisa e criatividade demonstra

um processo de evolução em relação às primeiras aulas, onde a coletividade contribui para que os protótipos aconteçam.

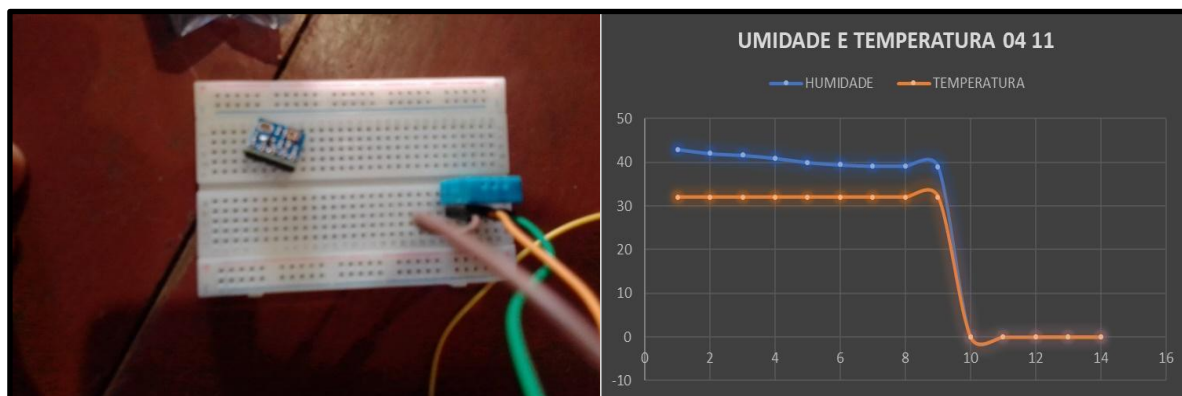
Noutro ponto, os alunos apresentaram maior maturidade para lidar com os códigos, tendo um melhor relacionamento com a lógica a partir do ambiente de aprendizagem. Peralta e Guimarães (2018, p. 31) reforçam que esses ambientes proporcionam “uma aprendizagem com fomento ao raciocínio, à criatividade, à construção de conhecimento em diferentes áreas e à experiência de conviver em grupos”.

A subseção seguinte abordará o sensor de temperatura e umidade.

4.3.8 Sensor de temperatura e umidade DHT11

As atividades do curso aconteceram no período da tarde, com início a partir das 14 h, fazendo com os alunos enfrentassem um sol escaldante para chegar até o projeto social. Diante da situação e da reclamação constante dos alunos, foi decidido construir um termômetro utilizando o sensor de temperatura e umidade DHT11, em um Arduino Leonardo. Este modelo de placa permite uma comunicação funcionando como teclado, assim, era possível transferir os dados do sensor para algum programa de edição de textos ou planilha. Desta forma, foi escolhido um editor de planilhas e configurado para gerar os dados em tempo real, uma vez que os alunos já tinham trabalhado com o Arduino e o sensor, a atividade consistiu em uma demonstração em tempo e de uma situação real do gráfico (Figura 43).

Figura 43 – Circuito do sensor de umidade e temperatura e gráfico gerado com o Arduino Leonardo



Fonte: Autor (2023)

Com os dados gerados, o gráfico foi exposto para discussão. O primeiro questionamento foi se os dados do sensor estavam de acordo com aqueles disponíveis na internet. A variação maior aconteceu apenas na umidade, tendo uma diferença de mais de 10%. Além dessa ação, foi desenvolvido outros momentos de coleta de dados de temperatura e umidade, mas sem

utilizar o gráfico. Tais atividades abordaram na prática a necessidade da estatística, para não só observar dados em gráficos, ou lidar com um certo volume de informações e organizá-los, mas acima de tudo compreender sua fonte e a aplicação.

A continuação da ideia deu-se com a utilização do sensor de raios UV, que é tema da próxima subseção.

4.3.9 Sensor de Raios UV e a estatística

O módulo sensor de radiação UV GY-8511 detecta a luz ultravioleta, produzindo um sinal analógico de acordo com a luz captada. A construção do sensor deu-se pela grande intensidade de radiação que é comum no Nordeste, buscando saber quais são os horários nocivos e compartilhar essas informações. Aliado a este fato, uma das escolas estava promovendo alguns seminários na escola que abordavam a região e ofertaram o convite para que o grupo de robótica realizasse a apresentação de seus projetos. Foi decidido que seria levado um sensor e os dados coletados da radiação solar durante um dia. Destarte, devido ao tempo, o protótipo foi levado para a aula e os alunos realizaram medições e fizeram registros (figura 44).

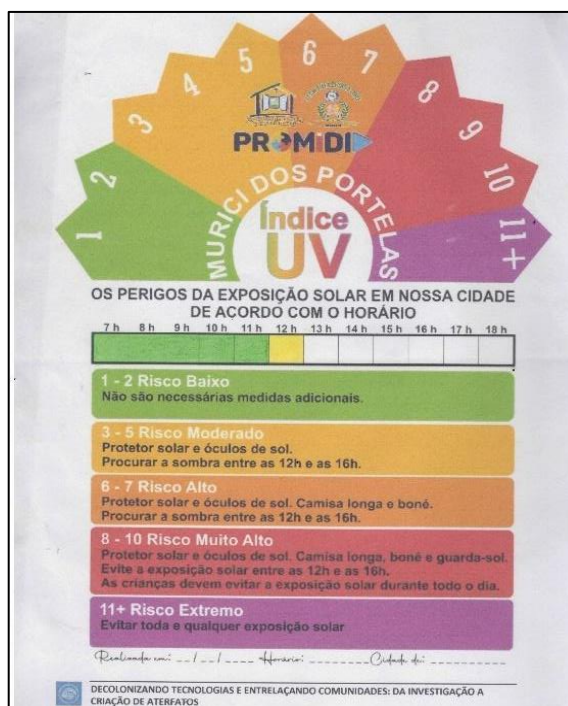
Figura 44 – Protótipo para medir a intensidade da radiação UV e momento da medição



Fonte: Autor (2023)

Os alunos EP04 e EP11, em uma segunda atividade, tiveram que coletar dados do ambiente para compreender melhor, neste caso a incidência de radiação e consigo os perigos que essa exposição por longo período de tempo provoca. Assim, para realizarem o registro, utilizaram um gráfico montado pelo professor, no qual tinham apenas que colorir seguindo uma legenda, estando trabalhando a construção de gráficos (figura 45).

Figura 45 – Gráfico construído a partir das medições



Fonte: Autor (2023)

De acordo com a medição, o aluno deveria pintar com cor correspondente, se a medição do sensor for de 2 mW/cm² às 10 h, então o risco é baixo. De acordo com a figura 45, às 12h o risco é moderado. Apesar de ser uma atividade interessante, não foi ressaltado o tempo para que o risco seja baixo, moderado ou outro. Mesmo com a ausência dessa informação, a atividade possibilita que os alunos trabalhem com registro de dados em tabela e façam associações diretas com a sua realidade. Como o propósito era conseguir dados para a exposição, os alunos conseguiram levar a tabela e informações relevantes, principalmente relacionadas ao câncer de pele (figura 46).

Figura 46 – Momento da apresentação dos protótipos e dos dados coletados e participação da aluna do curso abordando os riscos da radiação UV



Fonte: Autor (2023)

A atividade com o sensor de radiação UV, apesar de não haver participação dos alunos na construção, demonstrou que facilmente compreenderam o funcionamento e o propósito. A abordagem que envolve o trabalho com a coleta de dados, organização e análise, principalmente dentro do contexto local dos alunos acrescenta sentidos, principalmente, ao estudo da Estatística, tornando os sensores como ferramentas poderosas para capturar dados, podendo ser organizados em tabelas e gráficos. Desta forma, os adolescentes adquirem um “sentimento de domínio sobre um dos mais modernos e poderosos equipamentos tecnológicos e estabelece contato íntimo com algumas das ideias mais profundas da ciência, da Matemática e da arte de construir modelos intelectuais” (PAPERT, 1988, p. 17-18).

Além dessas atividades matemáticas que envolvem a Estatística, poderia se pensar em projetos introdutórios, como a construção de gráficos a partir de leds interagindo ou não com sensores, contagem de frequências e outras operações dentro do Arduino. Para além, a Estatística está relacionada ao desenvolvimento do PC (BRASIL, 2018), sendo ampliadas com a utilização de recursos digitais, como a RE, em suas multifaces: *open source*, sucata ou kits proprietários.

Apesar o PC aparentemente pertencer somente às máquinas ou aos cientistas da computação, ele é uma habilidade concentrada no pensamento lógico e crítico, portanto voltada para a solução de problemas, e subdivida em quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico. Esta habilidade, já descrita por Papert (1985), tem ganhado espaço nos debates educacionais, no Brasil, principalmente pela BNCC e, recentemente, pela BNCC de Computação. Neste prisma, a próxima seção apresentará a promoção do engajamento dos estudantes, a partir da construção de protótipos no âmbito do PC.

4.4 Engajamento dos estudantes em atividades de RE no âmbito do pensamento computacional

O Pensamento Computacional, enquanto habilidade para solucionar problemas e composto de quatro pilares (WING, 2006) foi utilizado pelos alunos em construções como o semáforo e projetos que utilizaram o sensor ultrassônico integrado a outros componentes. Neste viés, são apresentadas discussões através dos protocolos que colocam os alunos como desafiados e persistentes para solucionar os problemas.

Esse envolvimento dos estudantes, utilizando-se de habilidades, como o PC, que constroem seus artefatos como expressão do seu pensamento, passando a se reconhecer como atores e produtores do seu conhecimento.

4.4.1 O Pensamento Computacional nos ambientes de aprendizagem da RE

Seymour Papert trouxe novos significantes para a Educação, principalmente a Matemática. O pensamento de procedimento, por exemplo, incluiu a ideia de pensar como um computador, que seria acréscimo a uma coleção de ferramentas mentais que uma pessoa já possui. Enfatizou que a alfabetização computacional não acontece quando uma pessoa sabe usar o computador e ideias computacionais, mas quando sabe quando é apropriado fazê-lo (PAPERT, 1985).

A partir dos direcionamentos que Papert constituiu, surge o Pensamento Computacional, entendido a grosso modo como habilidade para resolver problemas. Vários estudos foram realizados atribuindo características e explorando-as (WING, 2006, 2008, 2010; ISTE/CSTA, 2011; BRACKMMAN, 2017; SILVA *et. al.*, 2021). Para tanto, esta seção discorrerá o PC, de acordo com BRACKMMAN (2021) e Wing (2006), considerando seus quatro pilares e como estavam presentes nas atividades, sejam implícitos ou explícitos.

Inconsciente ou deliberadamente os alunos acabam por utilizar algum dos aspectos do PC. Será discutida a construção de um semáforo em suas diferentes fases. Se o PC é uma habilidade para a solução de problemas, cabe então partir dele (Protocolo 15).

Protocolo 15 – Extrato do questionário final da aluna EP01 sobre a relevância de um sinal de trânsito

PROF-A: E O SEMÁFORO, É RELEVANTE?

EP01: Sim, porque aqui na rua ninguém... é tudo desordenado.

O protocolo apresentado anteriormente revelou um ponto de partida para que o grupo da aluna EP01 tivesse motivação para prototipar a solução. Logo, o semáforo seria uma solução para organizar o trânsito municipal de acordo com a aluna EP01, assumindo que há uma problemática: o trânsito é desorganizado o que pode trazer consequências. O problema agora será a construção de um artefato que ajude as pessoas, nessa tônica o semáforo surge como o protótipo a ser idealizado. Apesar de já ter sido criado nas primeiras aulas, posteriormente os alunos foram desafiados a criar um sistema de semáforos para um cruzamento, que envolveria a utilização de 4 módulos de semáforo, são componentes que já vem com as luzes nas cores determinadas e resistores instalados em uma placa.

O caminho agora é “identificar um problema complexo e quebrá-lo em pedaços menores e mais fáceis de gerenciar” (BRACKMMAN, p. 33). Essa decomposição pode acontecer durante todo o processo de solução, surgindo sucessivas decomposições e

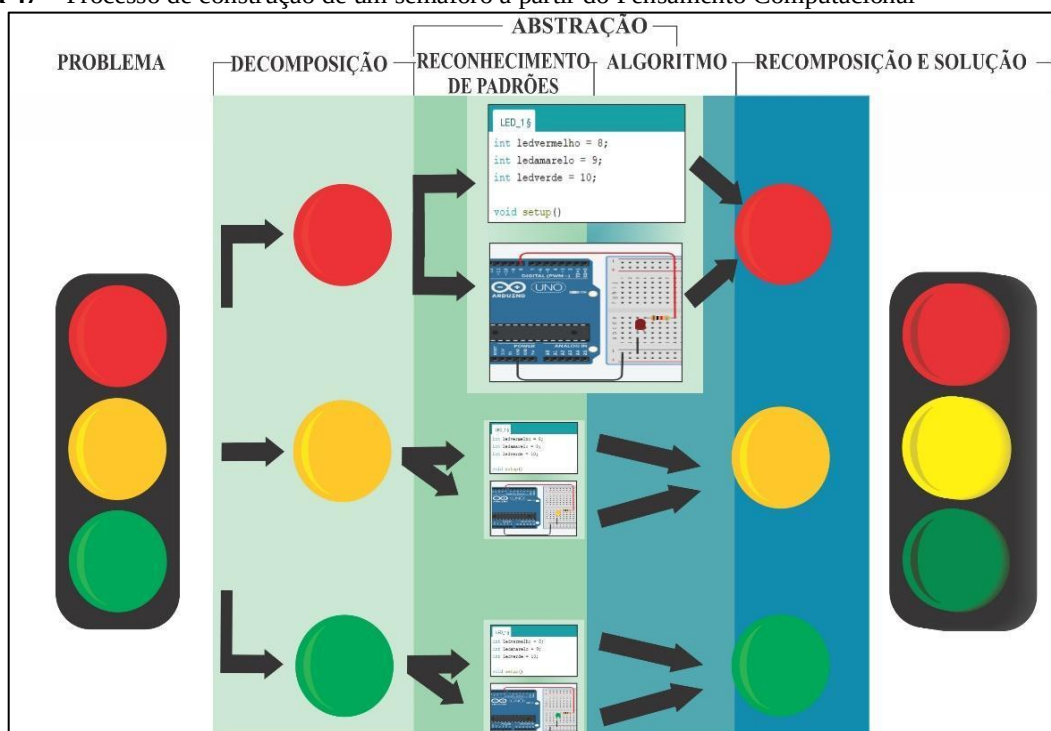
recomposições. A recomposição, no exemplo de criação do semáforo, implica a junção do *sketch* com o circuito, que formam dois problemas e posteriormente a criação união dos três leds, para formar. Assim tem-se a quebra em vários problemas menos complexos, o conjunto de soluções formam a solução geral do problema, isto é, a solução ou o funcionamento de cada *led* interagindo com os demais é na verdade a solução do problema proposto.

Esses problemas menores são separados e busca-se outros problemas semelhantes ou iguais que já foram solucionados, fazendo aparecer a fase do reconhecimento de padrões. Tal movimento pode ser visualizado no problema da luz amarela e verde, como a luz vermelha já foi criada, sabe-se que a forma de solução é semelhante, sendo necessário apenas alterações no *sketch* e implementar um novo circuito, do led verde ou amarelo. Essa atividade aconteceu no início do curso, assim os alunos deveriam aumentar o número de *leds*, observar os anteriores e duplicar, fazendo alterações necessárias.

A abstração envolve a filtragem de dados e sua classificação (BRACMMAN, 2017), sendo um processo de separação de detalhes desnecessários para que o foco esteja nas partes importantes (LIUKAS, 2015). Para Wing (2006), ela perpassa momentos importantes da resolução de problemas, como na constituição do algoritmo ou na decomposição, sendo de acordo com a autora uma representação apropriada para um problema, modelando aspectos relevantes para torná-lo tratável. No exemplo trabalhado, a abstração segue de acordo com a descrição da autora, iniciando a partir do momento das decomposições, passando pelo reconhecimento de padrões e estando também presente na fase do algoritmo. Quando a luz vermelha é separada do sistema, novamente é feita uma nova decomposição, em programa e circuito, abstraindo individualmente cada um para ser construído separadamente e depois unindo-os a partir de um algoritmo, enquanto plano e uma “abstração de um processo que recebe uma entrada, executa a sequência de passos e produz uma saída que satisfaça um objetivo específico” (BRACKMMAN, 2017, p. 40).

Em um sistema computacional muitas vezes o conceito de algoritmo pode ser limitado ao algoritmo do programa que irá se conectar ao hardware, no entanto, é importante assumir que algoritmo é uma estratégia, um conjunto de passos que irá guiar até a solução, podendo ser utilizado em todo o processo a partir de abstrações. Desta forma, a síntese para o protótipo construído pelos alunos do curso engloba sucessivas decomposições, reconhecimento de padrões, abstração, algoritmo, recomposição e a solução final, formada por um conjunto de soluções menores (figura 47).

Figura 47 – Processo de construção de um semáforo a partir do Pensamento Computacional



Fonte: Autor (2023)

Uma importante observação é a necessidade, neste caso, de sucessivas decomposições que geram um padrão de solução, fazendo ao final uma recomposição de todos os fragmentos que representam a solução. Além do mais, a transitividade da abstração e algoritmo – este último tendo um significado micro, quando se pensa no algoritmo do programa, e macro, quando se pensa na solução geral – faz perceber que não existe uma ordem prefixada para a implementação dos quatro pilares. Assim, os alunos experimentaram faces do Construcionismo de Papert (1985), onde eles inteligentes, ensinam o computador burro (Arduino), tem-se então as placas sem função ou significado, não passando de um amontoado de componentes eletrônicos interligados, mas que começam a ganhar sentido através da sua operação, fazendo com que eles executem seus pensamentos, “o feedback imediato e confiável permite o confronto das ideias originais do aluno com os resultados obtido pelo computador e esta comparação é o primeiro passo no processo de reflexão” (VALENTE, 2003, p. 100).

Esse “confronto das ideias originais do aluno com os resultados obtido pelo computador” (*Ibidem.*), aconteceu durante as atividades que envolviam prototipação de soluções. Os estudantes se depararam diversas vezes com resultados que não haviam previsto e tiveram que lidar com os erros. Quando questionados quais foram as posições assumidas perante erros, os participantes responderam que as atitudes mais comuns foram conversar e tentar descobrir o erro, seja no *sketch* ou no circuito (Protocolo 16).

Protocolo 16 – Extratos das respostas dos alunos sobre as tentativas necessárias para a construção do protótipo

Eu lembro que a gente **tentou conversar** e a gente **tentou várias vezes refazer o código até dá certo**. A gente conversou. Aí o **código foi passado de mão em mão até que chegasse em uma solução**. (EP01)

A gente **ia testando**, sempre **testando e mudando o que tava errado, descobrindo o erro** e... (EP02)

Tentando... (EP04)

Tentativas, a gente **tentou muitas vezes até... conseguir** (EP06)

Resolvendo as vezes. Na primeira que deu a estatística lá, né (risos)?! Aí teve que **ajeitar as placas pra conseguir dá certo**. Mas deu certo, graças a Deus. (EP08)

Foi bastante frustrante no começo, mas depois de um tempo foi se tornando engraçado e foi levado para o lado humorístico. (EP11)

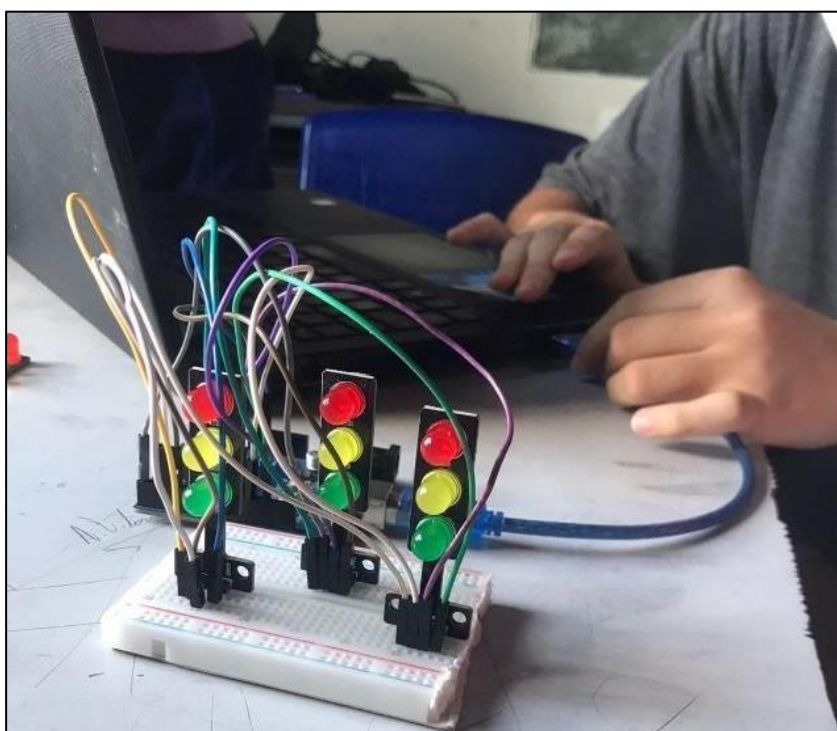
A certeza que se assume pelo protocolo 14 é que foram necessárias inúmeras tentativas para a consecução da proposta, ou, prototipagem da solução. Nesta configuração, Papert (1985, p. 40) incorpora que quando o aluno aprende a programar um computador, ou microcontrolador no caso em voga, “difícilmente se acerta na primeira tentativa”. Especializar-se em programação é aprender a se tornar altamente habilitado a isolar e corrigir erros, as partes que impedem o funcionamento do programa. A questão a ser levantada a respeito do programa não é se ele está certo ou errado, mas se ele é executável (PAPERT, 1985, p. 39). Recai-se então na questão do erro, onde era visto no processo e a solução se baseava na análise do protótipo e programa. Dentre as estratégias adotadas pela aluna EP01, estava deixar todos do grupo analisar para tentar visualizar, isolar e corrigir o erro. A maioria dos alunos, quando questionados como lidavam com o erro, afirmaram que tentaram “muitas vezes até... conseguir”, de acordo com a aluna EP06. Já a aluna EP11, acrescentou o sentimento de frustração, que foi percebido pelo professor pesquisador. Outro sentimento exalado foi o de felicidade, quando os protótipos funcionavam, a vibração era intensa. Tais atitudes relacionadas aos erros nos programas, foi abordada por Papert (1985, p. 40) quando afirma que

A questão a ser levantada a respeito do programa não é se ele está certo ou errado, mas se ele é executável. Se esta maneira de avaliar produtos intelectuais fosse generalizada para o como a cultura pensa sobre conhecimento e sua aquisição, poderíamos ser menos intimados pelo medo de "estar errado".

O erro ganhou, a partir dessas atividades no ambiente de robótica, um novo sentido. Fazendo com que os estudantes lidassem normalmente com ele, tornando-os mais especialistas em programação e habitando para isolar e corrigir erros do programa (*bugs*), isto é, “as partes

que impedem o funcionamento desejado do programa” (PAPERT, 1985, p. 40) fazendo com que o pensado haja inconsistências entre o que os alunos pensaram para o robô e o que ele executou (VALENTE, 2003). Durante o curso, a atividade que enveredou por este caminho foi a montagem de um sistema de quatro semáforos, utilizando módulos, fazendo uso das ideias abordadas sobre o PC. As alunas foram montando módulo por módulo, que por sua vez necessitam abstrair os *leds*, realizando movimentos de idas e vindas nos pilares do PC. Na figura 48, a aluna EP01 tinha instalado três e iniciava os testes a partir do carregamento do *sketch*.

Figura 48 – Protótipo de um conjunto de semáforos sendo testado



Fonte: Autor (2023)

O protótipo apresentou diversos problemas para sincronizar o funcionamento dos *leds*, sendo necessário readequações no *sketch*. A primeira intervenção aconteceu por meio do professor pesquisador, sugerindo um algoritmo para construírem o programa (figura 49). O algoritmo proposto considerou cada módulo (S1, S2, S3 e S4) funcionando simultaneamente, fazendo um movimento cíclico, isto é, estando o S1 com o sinal verde ligado, os *leds* vermelhos deveriam estar ligados e assim por diante. No entanto, o algoritmo implementado não resolveu o problema, fazendo com que o sistema ainda apresentasse falhas.

Figura 49 – Algoritmo sugerido pelo professor pesquisador

1: VERMELHO 2: AMARELO 3: VERDE 4: AMARELO 5: VERMELHO 6: VERMELHO 7: VERMELHO 8: VERMELHO 9: VERMELHO	1: VERDE 2: AMARELO 3: VERMELHO 4: VERMELHO 5: VERMELHO 6: VERMELHO 7: VERMELHO 8: AMARELO 9: VERDE	1: VERMELHO 2: VERMELHO 3: VERMELHO 4: AMARELO 5: VERDE 6: AMARELO 7: VERMELHO 8: VERMELHO 9: VERMELHO	1: VERMELHO 2: VERMELHO 3: VERMELHO 4: VERMELHO 5: VERMELHO 6: AMARELO 7: VERMELHO 8: AMARELO 9: VERMELHO
54 1000	51 1000	53 1000	52 1000

Fonte: Autor (2023)

Quando implementado houve problemas no gerenciamento da função *delay*, principalmente porque os alunos construíram blocos de *digitalWrite()* seguindo o algoritmo, sendo feito quatro blocos. A solução poderia ser utilizando a função *millis()* ou criando uma função própria, todavia as alunas resolveram criar um novo algoritmo (figura 50), a medida que iam inserindo as linhas de comando, registravam os passos. O conjunto de semáforos, mesmo após as depurações continuou apresentando erros, principalmente com a inserção do quarto módulo, no entanto, os alunos foram reduzindo a quantidade desses erros.

Figura 50 – Algoritmo desenhado pelas alunas EP01, EP02 e EP11 para funcionamento do sistema de semáforos

Verde 1 vermelho 2 vermelho 3 vermelho 4	Verde 2 vermelho 1 vermelho 3 vermelho 4	Verde 3 vermelho 3 vermelho 2 vermelho 1	Verde 4 vermelho 2 vermelho 3 vermelho 1
amarelo 1 amarelo 2	vermelho 3 vermelho 4		
Verde 2 vermelho 1 vermelho 3 vermelho 4			
amarelo amarelo amarelo amarelo			
			Verde 4 vermelho 1 vermelho 3 vermelho 2

Fonte: Autor (2023)

A atividade reforça as posições que o professor assume na sala de aula, segundo Maliuk (2009), de organizador, mediador e facilitador da aprendizagem, não mais sendo o centro, mas participando como aprendiz em processos de construção de conhecimentos mútuos e que se retroalimentam. O aluno torna-se agora um autor, engenheiro de programas e circuitos, capaz de materializar suas construções mentais, seus pensamentos e utiliza-se de estratégias próprias para aperfeiçoar suas obras. Partindo de estratégias próprias é referendado

o uso do PC pelos alunos, decompondo, buscando padrões, abstraindo, sabendo já quais seriam os passos necessários. Uma atividade sucessiva que faz com que aperfeiçoem suas habilidades.

Assim, a aluna EP11, ao ser questionada sobre as estratégias utilizadas pelo seu grupo para depurar erros, afirma que o grupo quebrava o protótipo em partes para buscar o defeito e, por fim, comparava as partes para verificar se havia algo fora do lugar (Protocolo 17).

Protocolo 17 – Resposta da aluna sobre a estratégia utilizada para resolver problemas encontrados nos protótipos

Primeiro, a gente via o quê que tava dando problema e tentava achar no código pra ver se tinha algo errado, se não tivesse algo errado a gente olhava já na parte física, de montar, e a gente verificava algo diferente no código, por exemplo, um pino fora do lugar. Aí, a gente resolvia. (EP11)

A depuração, vista no protocolo anterior, mostra o conhecimento dos alunos sobre o artefato construído. Vale então refletir sobre os momentos que antecedem tal patamar alcançado pelos alunos. Nisto, é abordado a presença da lousa física ou a digital que representa espaços exteriores aos alunos e, portanto, estranhos. A programação a partir de simuladores, como *Open Roberta*, apesar de essenciais na introdução das atividades, reclusa os alunos. Assim, a mudança para o *Tinkercad* e posteriormente o uso físico do Arduino e seus componentes torna-se um mergulho dentro do robô e dentro de si, ao passo que os fios são *jumpeados*, componentes encaixados, para cada componente conectado à placa principal é um conhecimento ou conhecimentos conectados na mente, é um processo que reflete sobre o que os alunos gostariam que o robô fizesse, ensinando-o a agir e pensar, ajudando os alunos a refletir sobre suas próprias ações e pensamentos (PAPERT, 1985).

A carcaça que envolvia e obscurecia o robô durante atividades com simuladores como *Doodles*, agora não existe, clarificando seu funcionamento e fazendo o aluno entrar dentro da máquina, foi ele que construiu a partir de partes distintas. A articulação dos componentes é também uma articulação de conhecimentos e conceitos no cérebro, aquilo que tinha função única agora faz parte de um todo e o aluno é também capaz de enxergá-lo particularmente.

Todos esses movimentos expõem o Pensamento Computacional. Não é uma mera construção de um circuito de *leds*, resistores, protoboard e um microcontrolador, na verdade são partes de um sistema, o semáforo. A problemática elencada pode ser o alto fluxo de veículos ou mesmo a existência de acidentes constantes, que podem gerar problemas, a solução de forma geral é a instalação de um semáforo. Partindo das ações preliminares e focando na construção de um semáforo, que seria agora o problema a resolver, os alunos precisam decompor o

problema e visualizá-lo menor, isto é, são três lâmpadas, mas antes é preciso ligar uma, abstraindo-a.

Resolvido o primeiro problema, caminha-se para resolver o próximo, desta forma o aluno quebra o problema em três soluções, depois junta-as em uma solução maior, que na verdade é a solução inicial proposta. A decomposição ainda acontece dentro da construção do circuito de um *led*, é preciso entender que coexiste um programa, então têm-se duas partes, programa e circuito para cada uma das lâmpadas. Neste percurso, torna-se necessário a criação do plano de ação que represente o passo a passo, o algoritmo que guiará o código, conduzindo a solução do problema.

Noutro espectro, é possível analisar que as decomposições acontecem sucessivas vezes, assim o aluno pode ligar um *led*, tendo a necessidade de quebrar esse problema menor em outros e depois voltar recompondo, ou encaixando novamente, para caminhar para as soluções. Percebe-se aqui um movimento de decomposição e recomposição acontecendo, muitas vezes simultaneamente, até que a solução aconteça. As situações, mesmo os alunos não conhecendo os pilares do PC, descritos por Wing (2006), mostram que utilizam constantemente, requerendo apenas intervenções do professor para dar eficiência.

Outro exemplo em que os alunos necessitam e o PC emergiu, foi na montagem da guia para deficientes visuais. Os componentes necessários para a construção do protótipo foram o sensor ultrassônico, buzzer e *leds*. Assim, se levanta uma situação problema, a de uma pessoa com deficiência tendo a necessidade de transitar no espaço do projeto social, enfrentando possíveis riscos. Daí elenca-se o problema, que é, na verdade, a construção de um dispositivo robótico para ajudá-lo a locomover-se nas dependências do projeto.

É interessante que exige a decomposição do problema, uma vez que a guia vai precisar de três componentes, logo é necessário desenvolver ou conhecer o *sketch* de cada componente e depois integrá-los. Novamente acontece o movimento de decomposição e recomposição, e na abstração, os problemas não resolvidos em uma primeira fase são guardados numa espécie de *cache*, sendo resolvidos seguindo uma sequência pré estabelecida. Com as soluções postas, unir-se-ão em uma solução maior, que é a proposta.

Surge aí algumas dúvidas: Quantos alunos são necessários para o projeto? Quem faz o quê? Quanto tempo? A atividade envolveu toda a equipe, cada grupo ficou responsável por uma parte: fazer os testes e ter a percepção de como o deficiente visual se sentia, a imersão; outra equipe desenvolvia o *sketch*, outro a montagem do circuito e uma quarta instalava no taco de sinuca (o que foi utilizado para simular).

A solução de problemas acontece em cascata ou camadas, pois com a guia construída, surgiram outras situações que dificultavam seu funcionamento, como a angulação de uso, algo que não foi visto nas etapas anteriores, a altura do *buzzer* e a necessidade de mais um sensor ultrassônico. Recai-se em mais problemas para resolver e volta novamente para os processos de decomposição-abstração-recomposição-algoritmo, em um movimento de idas e vindas a fim de aperfeiçoar o protótipo. Apesar da dinamicidade proeminente, é importante questionar-se sobre como os jovens se engajam para resolver os problemas propostos, qual as suas percepções sobre os desafios.

Para tanto, a próxima subseção irá discutir como os participantes da pesquisa se sentiram engajados para desenvolverem os protótipos.

4.4.2 O engajamento de estudantes a partir de atividades relacionadas ao PC

Pelo já exposto, o ambiente em que foram desenvolvidas as atividades de RE pressupõe a coexistência do Pensamento Computacional como instrumento ou habilidade que, mesmo não explícita ou abordada como recurso para resolver problemas, foi utilizada pelos estudantes na constituição dos seus projetos. Inevitavelmente, processos como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo estiveram onipresentes. Em vista disso, esta seção apresentará aspectos mais subjetivos relacionados às percepções dos estudantes tendo dois eixos principais: desafios e engajamento.

A plataforma Arduino - que compreende a placa de circuitos principal, biblioteca, IDE e componentes - permite em seus arranjos e rearranjos a criação de protótipos que desafiam os estudantes, no caso deste trabalho, a solucionar problemas locais. Os alunos recebem peças "soltas" e a partir da organização que são montadas podem definir um ou outro artefato, solucionando problemas previstos ou simplesmente para aprender algo novo. Tal aspecto foi visualizado com o sensor ultrassônico, que assumiu a personalidade de vários artefatos, sendo régua, sensor de distanciamento social ou a guia para pessoas com deficiência. A partir das construções, os alunos iniciam um processo de superação das etapas, avançando sempre para os próximos níveis.

Neste aspecto, algumas considerações tornam-se relevantes assumir: a) os alunos precisam de desafios superáveis e escalonáveis, levando em conta a sua experiência com a plataforma; b) os alunos devem compreender claramente os percursos dirigidos pelo professor e sentir-se pertencente ao ambiente; e c) é necessário certo tempo para a construção dos artefatos. Para tal, as atividades do curso envolveram uma rede de relações professor-aluno-artefato-solução promovendo a interação entre diferentes partes que se articulam para que os

alunos consigam avançar para as próximas fases, desafiando-os e permitindo êxito (Protocolo 18).

Protocolo 18 - Extrato da entrevista final dos alunos abordando os desafios

PROF-A: Como lidaram com os erros?

EP11: Foi bastante **frustrante** no começo, mas depois de um tempo foi se tornando engraçado (...).

PROF-A: O que foi mais desafiador?

EP01: Eu acho que foi a parte que **a gente foi fazer o semáforo com as meninas do Pedro Américo**, que a gente teve que ensinar tudo do zero e tal.

EP06: Foi, foi... **tudo foi desafiador!** Aquele negocinho lá do Arduino, que tem que salvar o negócio, copiar esse negócio desse bicho...

PROF-A: E o maior desafio durante o curso?

EP01: O maior desafio foi aprender os códigos e mais onde lembrar em que computador coloquei.

EP06: O meu maior desafio? Ham... eu não, **eu não acreditava que eu poderia fazer o negocinho acender, o led.**

O protocolo apresentado expõe inicialmente a frustração, enquanto sentimento que antecede o sucesso, o que se torna claro nas atividades de robótica, os alunos experimentam constantemente esse sentimento, principalmente pela expectativa de ver os seus robôs funcionando em uma primeira tentativa, refutada por Papert (1985, p. 40) ao indicar que "difícilmente se acerta na primeira tentativa". Durante as atividades observou-se diversos momentos em que os alunos mostraram decepção como o EP04, que demorou mais tempo para conseguir progresso nos primeiros robôs ou a construção do sistema de irrigação, demandando tempo, paciência e persistência.

Quanto aos desafios emanados, o questionário final propositalmente trazia duas questões semelhantes "o que é desafiador?" e "o maior desafio (...)?", ambas objetivaram revelar como e quanto os alunos se sentiram desafiados e se eram possíveis de serem superados. A aluna EP01 menciona um momento em que tiveram que ministrar uma oficina com estudantes de uma outra escola, ensinando a construir um semáforo e "aprender os códigos" como desafios. Como foram trabalhados a linguagem de programação textual ou *script*, os alunos enfrentaram dificuldades, sendo superadas.

Quando questionada, a estudante EP06, revela que o desafio estava em "tudo", fazendo perceber que o curso a exigiu em todos os sentidos, indicando que teve dificuldades ao fazer *upload* do *sketch*. A aluna acrescenta que se sentia incapaz, mas surpreendida ao conseguir fazer o *led* acender, "eu não acreditava que eu poderia fazer o negocinho [*led*] acender". O

circuito do *led* e *sketch*, aparentemente simples, pode fazer os alunos acreditarem nas suas capacidades, quebrantando os impossíveis que se alojam diante o novo.

O aspecto exposto pela aluna EP06 é um ponto de inflexão para a continuidade das atividades, ela pode permanecer com o sentimento de incapacidade e criar um bloqueio para aquelas ações (COLL; MARCHESI; PALACIOS, 2004) ou, através das atividades propostas, perceber que pode se apropriar da tecnologia, até então alheia. A expectativa pelo fracasso é indubitavelmente quebrada pelo sucesso, motivando o aluno a prosseguir, erguendo voo para o próximo desafio, engajando-o.

A partir de então, é importante assumir que os estudantes precisam de atividades superáveis, com graus de complexidades adequados, considerando, por exemplo, as microfases já elencadas neste trabalho. Contrariamente, os alunos podem trilhar rumo ao desinteresse, “quando as demandas da tarefa estão muito acima das possibilidades do aluno” (COLL; MARCHESI; PALACIOS, 2004, p. 133). Reforça aqui o papel do professor, atuando para regular a complexidade e impulsionar o estudante. Os mesmos autores descrevem que o aluno não tentará resolver a tarefa proposta se não compreender claramente o que é preciso fazer, perfazendo o já dito por Maliuk (2009) sobre os papéis assumidos pelo professor: mediador, facilitador e organizador de aprendizagens.

Consubstanciado a importância do professor, importa discorrer sobre o tempo necessário para a realização das atividades, assim, o curso, com duração de 60 dias, por vezes obrigou uma aceleração para finalizar as ações propostas. Nisto, no protocolo 19, relato do primeiro módulo, um dos protótipos não foi aperfeiçoado.

Protocolo 19 – Registro de observações do módulo I, indicando a falta tempo para finalizar os protótipos

[...] Sendo proposto pelos alunos a adição de mais um sensor, fazendo sua rotação para que ele ficasse paralelo ao solo ou formando uma perpendicular considerando a posição da guia. No entanto, essas sugestões não foram implementadas, uma vez que **o protótipo da guia foi deixado para que os alunos focassem suas atenções na proposta do curso, que era identificar um problema e tentar sua solução através da construção de um protótipo**. O final da aula ficou para os grupos pensarem em problemas para resolverem.

No protocolo 19, observa-se que os alunos estiveram desafiados para criação do dispositivo, no entanto, não houve tempo suficiente para que o protótipo fosse aperfeiçoado, sendo necessário mudar as atenções para a produção dos artefatos que seriam as soluções para os problemas elencados nos grupos. Concordando com o disposto, Oliveira e Mill (2019, p. 251) aportam em observações de um projeto que envolveu a criação de robôs com Arduino e a

plataforma Pete, que “o (pouco) tempo foi o maior limitador para a conclusão do projeto, refutando a nossa hipótese de que o maior obstáculo seriam os conhecimentos em programação por parte dos alunos”, o que pode drenar o interesse dos alunos (*Ibidem.*, 2019). Decerto, é importante que os alunos se sintam desafiados, tendo objetivos e orientações claras em um tempo adequado para a construção dos protótipos.

Com a delimitação a respeito dos desafios e percebendo sua importância para a conclusão das atividades, os alunos foram questionados sobre o seu engajamento, isto é, se eles se sentiram engajados e se conseguiam se colocar como importantes para a execução das tarefas, além tentar saber como se sentiram ao realizar as atividades. Assim, os alunos foram questionados em relação a como se sentiam realizando as atividades, se se sentiam importantes ou não (Protocolo 20).

Protocolo 20 – Extrato de respostas dos alunos a respeito da sua percepção quanto a importância para o grupo e nas atividades

PROF-A: Você se sentiu importante realizando as atividades?

EP01: Sim.

EP02: (risos), Ham ram.

EP04: Em algumas, em outras não.

EP06: Não, porque, assim, eu **não sabia coisar**, quem **coisava mais era as meninas**, mas me senti bem.

EP07: Não.

EP08: Sim.

EP10: Sim, Eu **ajudei bastante na...** nos códigos e na montagem do protótipo. Foi basicamente isso, **eu fiz a montagem**

EP11: Senti, foi legal.

É importante fundamentar, de acordo com o protocolo 20, que os estudantes associaram a ideia de “sentir-se importante” a partir da sua utilidade, ou seja, “sou importante porque sou útil”. A estudante EP06 alega que não sentiu importante porque não sabia “coisar” [criar circuitos ou *sketches*], já a EP10, afirmou que se sentia importante, já que ajudava bastante. Assim, os alunos vão dando sentido ao seu grau de importância a partir das suas participações nas tarefas, se envolvendo e colaborando de alguma forma para a execução da atividade. Já o aluno EP07, inscreveu que “não” se sentiu importante, talvez um dos motivos pode ter sido a sua ausência maior a partir da segunda quinzena do curso.

Apesar do aluno EP07 responder que não se sentia importante, ou útil, no protocolo 21, ao ser questionado se durante as atividades se sentia bem, a sua resposta foi afirmativa. Neste

protocolo, os alunos poderiam identificar sua afinidade com a robótica ou fazer surgir algum atenuante que trouxesse contributos para a melhoria da proposta do curso.

Protocolo 21 – Extrato das respostas dos alunos a entrevista final sobre as sensações em participar das atividades propostas

PROF-A: Você se sentiu bem realizando as atividades?

EP01: Sim.

EP02: Sim, foi bem divertido, **quando dava certo todo mundo ficava animado**

EP04: Sim.

EP05: Me senti, sim.

EP06: Sim

EP07: Sim.

EP10: Sim, foi bem legal, gostei bastante.

EP11: Sim, foi legal. A gente fez uma monte de coisa

No protocolo anterior, os estudantes, em sua completude, concordam que se sentiram bem fazendo as atividades do curso, que envolvia, por exemplo, no primeiro módulo, a criação de robôs para resolver problemas locais. Então os alunos trabalhavam na criação de artefatos, de materialização do seu pensamento, buscando sempre construir algo, que nem sempre saia como planejado. Assim, a aluna EP02 argumenta que se sentia bem, achava as atividades divertidas e que “quando dava certo, todo mundo ficava animado”, duas questões podem ser extraídas.

A primeira diz respeito à coletividades, ao grupo que estava ali, então quando um protótipo funcionava ou até mesmo um *led* montado e ligado, todos se contagiavam. Na outra perspectiva, o inverso pode ser elencado, isto é, se “todo mundo ficava animado” quando dava certo, e quando não? Como que os alunos se sentiam, frustrados, com vontade de parar? As observações durante as atividades mostraram que os alunos por diversas vezes se decepcionaram ao ver que seus robôs não estavam funcionando, contudo, sempre insistiam buscando o erro, até dá certo.

Sentir-se “bem” e “importante” são passos até chegar ao engajamento dos alunos. Principiando que, no cenário educacional, esse engajamento representa a do esforço e o tempo que os estudantes dedicam às atividades que estão ligadas empiricamente aos resultados desejados (KUH, 2009). Na mesma linha, Martins e Ribeiro (2017, p. 288) inserem que o engajamento “é representado por construtos como a qualidade e quantidade do esforço e envolvimento em atividades de aprendizagem”. Depreende então que os alunos se envolvem com certa energia em busca de um sucesso, visto do ponto de vista educacional, como aprendizagem.

Essa energia para continuar ou motivação, é o engajamento dos estudantes com as propostas, o como estão envolvidos e desejosos para alcançar o sucesso, que é terminar o robô. Desta forma, o engajamento pode ser compreendido como uma mola propulsora que faz o estudante ir além, envolver-se, é a energia necessária para motivá-lo a estar presente e querer colaborar, construir e resolver os problemas ali solicitados (protocolo 22), trazendo inúmeras contribuições para o projeto (MARTINS; RIBEIRO, 2017).

Protocolo 22 - Engajamento dos alunos

EP01: Sim.

EP02: Acho que sim.

EP04: Sim, sim...

EP06: Eu me sentia, quando eu ia, né. Porque as vezes eu chegava da escola cansada, aí eu deitava e agarrava no sono.

EP07: Sim, sim.

EP08: Sim.

EP10: Sim, as vezes.

EP11: Sim, eu **ficava com bastante vontade de ir para poder terminar logo.**

A sinergia dos ambientes de aprendizagem de RE motiva os estudantes a estarem conectados com as suas propostas, engajar-se a partir de um envolvimento que deseja ver a sua criação pronta. Nessa esteira, a aluna EP11 correlaciona o engajamento ao desejo de ir para o curso para “poder terminar logo”. Por assim ser, a RE “constitui um espaço motivador para a participação ativa dos estudantes no processo ensino aprendizagem promovendo assim uma ação agêntica⁸ como sujeitos ativos propiciando o engajamento” (LAUREANO, 2019, p. 119).

Os extratos do protocolo 22 trazem duas posições claras: alunos que se sentem engajados e aqueles que não demonstram certeza sobre o seu engajamento. Contudo, as entrevistas, aditadas as observações, revelam que os alunos se engajaram durante as atividades, motivando-se mesmo diante problemas que aparentemente não tinham solução, como a montagem do abajur ou do sistema de irrigação, demandando grande esforço para sua finalização. A aluna EP02, mesmo afirmando que “acha que sim” ao ser questionada sobre seu engajamento durante as atividades, sempre demonstrou empenho, notabilizado na prototipação da guia para pessoas com deficiência visual. As alunas EP06 e EP10 tiveram um número maior de faltas em relação a maioria, influenciando nas suas respostas.

⁸ Veiga (2013) elabora quatro dimensões relacionadas ao engajamento dos alunos, dentre elas a Dimensão Agenciadora, que diz respeito a uma conceptualização do aluno que é visto como agente da ação, considerando iniciativas, intervenções, conversas com o professor, sugestões e questões levantadas.

Outro destaque que pode ser elencado é o sentimento de domínio e pertencimento às propostas. Desta forma, os excertos “eu fiz”, “eu ajudei”, “a gente fez”, “eu ficava com bastante vontade de ir” mostram que os alunos se mobilizaram durante a execução de atividades, fazendo-as pertencerem ao mesmo tempo que mostravam apropriação das ferramentas tecnológicas. Por este fio, Oliveira e Mill (2019, p. 254) depreendem que o “sentimento de pertença faz emergir maior engajamento e envolvimento com algo que está sendo construído por eles”.

Os protocolos apresentados denotam que os alunos se sentem desafiados e, na sua maioria importantes (úteis), engajando-se através do envolvimento com a solução dos problemas. Nisso, pode ser inscrito que o processo reclama uma importância maior que o resultado, não é a resolução de um problema matemático que o fim é importante e está fechado em si mesmo, mas todos os passos percorridos. Assim, os alunos interagem com o grupo e com o artefato, decomposto pedaços menores, criando significados e sentimento de pertencimento a partir de um ambiente de aprendizagem. Na mesma linha, Suanno e Miranda (2009, p. 3) afirma que:

Na robótica aplicada à educação, o importante é o processo, o desenrolar dos trabalhos e não o resultado por si só. É imprescindível explorar todas as possibilidades, buscando o aprendizado por meio da reflexão individual e da interação em grupo (aluno-aluno, aluno-professor, aluno-robô, professor-robô) e em seguida propondo alternativas para a solução de situações problemas por meio do aprimoramento de montagens, ideias e abordagens.

Assim, há a criação de um espaço onde os alunos criam interações com o meio trabalhando com problemas reais ou cotidianos (CAMPOS, 2017). Esse ambiente, potencializado pelo uso de tecnologias, neste caso, a robótica, promove caminhos metodológicos para que sejam trabalhadas diversas competências e habilidades com os alunos, colaboratividade, autoria, protagonismo, autonomia, letramento digital, PC, auxiliando e induzindo à construção do conhecimento. Contudo, entende-se que não são suficientes para garantir o desenvolvimento da aprendizagem e nem garantem que uma única tecnologia basta. Portanto é importante considerar “os propósitos da atividade, as necessidades contextuais, os temas dos estudos e as estratégias a desenvolver são os indicadores de quais tecnologias devem ser integradas ou se é apropriado utilizar tecnologias em determinada situação educacional” (ALMEIDA, 2006, p. 4).

Afirma-se a partir das proposições que as atividades com robótica, atreladas ao PC, corroboram para que ocorra o envolvimento dos participantes. Apesar do alto potencial de

engajamento para estudantes - e professores - é importante frisar que ainda há muitos desafios a serem superados pela RE. Desta forma, questões técnicas, culturais, financeiras, organizacionais, pedagógicas, de trabalho em equipe, de cronograma, de conhecimentos prévios ainda mostraram-se como obstáculos aos professores e estudantes (OLIVEIRA; MILL, 2019). Portanto, é necessário o aprofundamento de investigações científicas, aprimorando recursos e métodos para promover um ecossistema de aprendizagens interposta pela robótica, desafiante e que engaje os alunos a não só concluir projetos, mas refletir criticamente sobre eles e seu impacto social, em busca da compreensão e solução de problemas reais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“... é necessário respeitar as especificidades do ensino e da própria tecnologia para garantir que seu uso, realmente, faça diferença” (KENSKI, 2007, p. 46)

O presente trabalho se propôs a investigar as possibilidades didáticas do uso da plataforma Arduino no ensino da Matemática na 1ª série do Ensino Médio a partir de problemas reais identificados pelos estudantes. Como objetivos específicos têm-se:

- a) Identificar os conhecimentos matemáticos mobilizados utilizando o Arduino;
- b) Mapear as possibilidades de desenvolvimento de atividades matemáticas a partir de problemas reais, vinculados a realidade dos alunos, envolvendo a robótica educacional através da plataforma de prototipação Arduino;
- c) Analisar como a proposta promoveu o engajamento dos alunos na identificação, formulação e resolução de problemas no âmbito do Pensamento Computacional.

O suporte teórico foi substanciado através da tendência pedagógica de Seymour Papert, que traz ao cerne da Educação, ainda na década de 1960, a introdução do computador como ferramenta para ajudar os alunos a construir seu próprio conhecimento, em um movimento de materialização do seu próprio pensamento. O Construcionismo evidenciou inúmeros aspectos que ajudariam a consubstanciar os trabalhos futuros e surgimento de estratégias ou habilidades, como o Pensamento Computacional, definido por Wing (2006) e aprofundado em estudos posteriores, como o de Brackmman (2017). A plataforma de prototipagem escolhida foi o Arduino, *open source* e considerada de baixo custo (SOUZA; SANTOS, CASTRO; 2021). Além da plataforma física, foram usados simuladores virtuais como *Open Roberta* e *Tinkercad*, que tinham o objetivo de introduzir conceitos de programação e permitir os primeiros contatos com as tecnologias.

Alguns estudos (PAPERT, 1985; D'ABREU, 1999; MALIUK, 2009; BARBOSA, 2011; 2015; CURY; HIRSHMANN, 2014; CAMPOS, 2017; ANACLETO, 2018; GALVÃO, 2018; SANTOS, 2018; SANTOS; SOUZA; CASTRO, 2022) contribuíram para dar substância a pesquisa, indicando caminhos possíveis para a realização das atividades propostas e indicando como os conceitos matemáticos são mobilizados. Nisto, o centro do trabalho acontece a partir da identificação de problemas reais e prototipação em Arduino das soluções elencadas.

Noutra vertente, a consecução do curso de robótica e IA, que formou o campo de pesquisa, esteve dentro do projeto Decolonizando Tecnologias e Entrelaçando Comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos (DTEC), aprovado pelo CEP/ Parecer nº 5.766.476, ocorrido simultaneamente na EEM Liceu de Caucaia, na cidade de Caucaia, no

estado do Ceará, e na UEEM Otávio Escórcio Gomes, em Murici dos Portelas, estado do Piauí. Na segunda escola, por não haver laboratório, foi aproveitado o espaço do Projeto Social Raio de Esperança (PSRE), *locus* principal da coleta de dados desta pesquisa, contudo sendo utilizado os dados provenientes da fase de inscrição dos dois grupos, obtendo as visões dos alunos a respeito dos problemas locais e suas soluções, a Matemática e com o quê relacionavam a robótica.

O curso ofertado, com duração de 2 meses, compreendeu 60 horas de atividades dividido em dois módulos. O primeiro trabalhou as ideias iniciais de lógica de programação, uso de simuladores e prototipação em Arduino através da solução de problemas locais identificados pelos alunos. Por sua vez, o segundo estava voltado para a reflexão sobre *big data*, inteligência artificial e internet, algoritmos e seu uso. Importa a esta pesquisa as informações produzidas e documentadas no módulo I.

Os dados coletados estavam distribuídos em respostas a questionários *online*, entrevistas, registros fotográficos e vídeos e produções dos alunos, como sketches e circuitos montados. Utilizou-se da Análise de Conteúdo para análise dos dados, criando assim categorias de análise que possibilitaram discussões a luz da literatura, evidenciando os conhecimentos matemáticos emergidos na prática da RE, além das possibilidades de atividades e o engajamento dos alunos no âmbito do Pensamento Computacional.

O ponto de partida se deu a partir do recrutamento dos alunos interessados no curso de robótica e IA em que tiveram que responder um questionário pelo *Google Forms*. As respostas trouxeram algumas percepções dos alunos, primeiro é que relacionavam a robótica com - além da própria palavra robô - tecnologias e Matemática. Essa tríade reforçou a ideia da necessidade de mobilização de conhecimentos matemáticos nos ambientes de robótica educacional, promovendo a formação de sujeitos produtores (BARBOSA, 2011).

Quando questionados sobre a importância da Matemática na sociedade, ela assumiu quatro espectros: cotidiana; para o mercado de trabalho; relacionada com outras áreas; e relacionada aos avanços tecnológicos. O consolidado permitiu observar que os alunos a consideram importante, estando presente e necessária para o dia a dia. Outra associação foi com o mercado de trabalho, na visão dos estudantes ela garante empregabilidade, isto é, para arrumar um bom emprego saber Matemática é importante.

A Matemática também foi relacionada com outras, como física e engenharia, e sendo uma das responsáveis pelos avanços tecnológicos que a humanidade alcançou. Apesar das referências sobre a sua importância, alguns excertos permitiram observar que os alunos consideram, por muitas vezes, a Matemática escolar sem muita utilidade, deixando como

relevante a matemática básica, aquela necessária para manutenção das relações sociais. Além do mais, citaram a Matemática avançada, presente nas universidades.

Essas múltiplas matemáticas citadas pelos alunos se aproximam dos estudos de D'Ambrosio (1985), imbuindo também a perspectiva tradicional do ensino do seu ensino (CAMPOS, 2008; ZIGNAGO, 2020). Constrói-se, a partir das visões, uma dicotomia, ora é importante, ora é dispensável. Tais aspectos tornam interessantes as reflexões sobre como essa Matemática pode ganhar significado, novas experiências que propiciem aos alunos utilizá-la para além de cálculos (STEWART, 1996; PAULOS, 1993).

A identificação de problemas mostrou que alguns deles eram comuns nas duas comunidades, como saneamento básico, acesso à Educação e rede elétrica. Os alunos foram instigados a pensar em soluções, citando ações práticas como instalação de lixeiras, conscientização das pessoas e aumento de sistemas de distribuição de água. A consciência dos alunos diante das suas realidades permitiu conceber que estavam a par dos problemas locais indicando que as soluções perpassam pelas tecnologias, que teriam a função de otimização dos serviços. Apesar das benéficas das tecnologias, foi levantado que há perigos quanto ao seu, promovendo, por exemplo, preconceitos dentro das redes virtuais. Assim, sugere-se que as atividades que envolvam manipulação e produção de tecnologias contemplem espaços para discussão que abordem os seus impactos, balizando prejuízos e ganhos.

As atividades iniciais descortinam a necessidade de conhecer as fases que abarcam desde os primeiros contatos com o Arduino até a apropriação da tecnologia, denominadas neste trabalho de microfases. Destarte, foi observado que na introdução à robótica, principalmente para alunos que têm acesso limitado ou nenhum as tecnologias, como o caso de Murici dos Portelas, que as atividades percorreram as microfases: contato, experimentação, reprodução/reaproveitamento, apropriação e ampliação/resolução de problemas. Portanto, elas contribuem para que o trabalho com RE siga uma sistemática, fomentando o protagonismo, autoria e apropriação das tecnologias seguindo gradações com o fim de serem úteis em suas comunidades.

Os espaços em que acontecem a prática da RE se consolidam como ambientes ricos em dinamicidade e interações entre sujeitos-tecnologias, sendo fonte de produção de aprendizagens. Inevitavelmente, os alunos acabam desenvolvendo competências e habilidades, sejam gerais ou específicas, aquelas integradas aos componentes curriculares. Neste íterim, a investigação evidenciou a mobilização de conhecimentos matemáticos durante as atividades que envolveram a prototipação de soluções através do Arduino.

A pesquisa em voga, com dados provenientes do módulo I do curso de robótica e IA, contextualiza a construção dos protótipos: Semáforo, Sensor de Luz, Sensor de Distância, Guia para pessoas com deficiência visual, Sistema de irrigação inteligente (SII), Abajur, Sistema de distanciamento social (SDS), Sensor de temperatura/umidade e Sensor de radiação UV. Esses protótipos direcionaram os rumos da pesquisa, pois faziam parte da solução de problemas vinculados à realidade dos alunos e evidenciaram o seu processo de construção. Deixando aparente as possibilidades de conhecimento e atividades matemáticas mobilizadas, permitindo também a visualização do PC e do engajamento dos estudantes.

A identificação dos conhecimentos matemáticos se deu a partir de movimentos de idas e vindas nos dados gerados, seguindo a pré-análise, exploração do material e tratamento, inferências e interpretações, fases da AC (BARDIN, 1979). O jogo empreendido culminou na formação de categorias de análise, discutidas a partir da triangulação de dados à luz da literatura. Foi percebido, a partir das unidades de contexto e registro que diversos conhecimentos matemáticos emergiram e foram mobilizados pelos alunos. De acordo com os indicadores, na sua maioria estavam relacionados a “medidas” ou “medir”, tratando de unidades de medida, muito em função dos protótipos desenvolvidos, como o uso do sensor ultrassônico e semáforo.

Nesse processo de codificação surgiu a necessidade de definir o que era o conhecimento matemático, sua composição e quantos existem. Assim, as inquietações foram suplantadas a partir de Silva (2007), que apresenta o conhecimento matemático através da história na perspectiva da Filosofia da Matemática e D’Ambrósio (1985), em estudos sobre a Etnomatemática. Nessa configuração surgiram as categorias intermediárias: Saberes Matemáticos, Conceitos Matemáticos, Técnicas Matemáticas e Objetos Matemáticos. Essas categorias ampliaram a visão do pesquisador sobre as mobilizações de conhecimentos, emergidos a partir das atividades com robótica.

Os saberes matemáticos, que estavam relacionados àqueles conhecimentos que os alunos aprenderam, isto é, a apropriação do conhecimento e uso, indicaram a necessidade de categorias finais de análise. Posto isto, a partir da análise, foram criadas as duas categorias de análise final: Conhecimentos Matemáticos Aprendidos e Conhecimentos Matemáticos Acessados. A primeira categoria final está associada à primeira categoria intermediária, Saberes Matemáticos. Aqui, é importante retomar os objetivos do curso, não havendo intenções de ensinar definições matemáticas, contudo, no ambiente de robótica os alunos conseguiram aprender conteúdos matemáticos.

A partir de atividades de investigação e produção de robôs o aluno é instigado a buscar a Matemática nas relações com o real (GOMES *et. al.*, 2010), produzindo conhecimento

matemático em uma rede interações em que o artefato e o seu pensamento transubstanciam, ganhando significado. O protótipo passa a ser expressão do seu pensar, objeto formado de lógica-mecânica-eletrônica, acontecendo a materialização de compreensões e substratos para que os conhecimentos de matemática sejam aprendidos. As conexões estabelecidas fazem com que os alunos conheçam a sua realidade através de modelos mentais (re) construindo aquilo que tenha significado, remetendo ao Construcionismo.

Por conseguinte, a utilização da RE no ensino da Matemática realoca os alunos em uma nova posição, inserindo-os como construtores das suas estruturas intelectuais, trazendo ao cerne do processo também as possibilidades de aprendizagem multidisciplinar (BARBOSA, 2011). Em adição àqueles conhecimentos que os alunos aprendem, a segunda categoria engloba os conhecimentos matemáticos manipulados, ou acessados. Notoriamente, existem matemáticas nos robôs e os alunos podem acessá-las durante a sua montagem, física ou lógica, ou em atividades adjacentes, mas dentro do ecossistema de aprendizagem robótico. Alinhado a essa ideia, Leitão (2010), insere que os robôs são seres naturalmente matemáticos e que o aspecto matemático da construção deles faz parte do conjunto de regras do jogo.

A categoria de análise Conhecimentos Matemáticos Acessados, reafirma que a Matemática está presente naquela atmosfera, cabendo ao professor identificar os possíveis conhecimentos matemáticos para cada prática, considerando o conjunto de componentes, em um processo que busca não engessar as atividades. Este trabalho situa o professor como um dos atores que tem seu papel ressignificado, não é o dono absoluto do conhecimento, passando a reger a orquestra do ambiente, gerenciando os momentos para que a aprendizagem aconteça.

A fim de expandir e aprofundar os conhecimentos matemáticos que emergem, optou-se também por realizar a análise a partir do extrato correspondente ao uso dos simuladores virtuais, essencialmente o *Open Roberta*. Nisto, buscou-se a partir dos dados identificar os conhecimentos matemáticos que os alunos manipulam para a utilização da plataforma. Como as atividades se limitavam a desenhar quadrados e deslocar um carro robô de um estacionamento A para o B, em uma via, os estudantes tiveram que utilizar-se da Geometria, sendo necessário a noção de ângulos e unidades de medida. Outro ponto, foi que os estudantes, durante os trabalhos, tiveram que realizar algumas estimativas.

O trabalho com o simulador, que utiliza blocos, é intuitivo e os estudantes conseguem de forma espontânea desenhar seus primeiros robôs e executá-los, sendo possível a abordagem de outros conceitos da programação e do PC, como algoritmos e lógica de programação. Essas atividades são um ponto de ignição para que os alunos desenvolvam a autonomia, protagonismo e comecem a acreditar que podem dominar essas poderosas ferramentas.

Dentre as observações destacáveis, foi percebido que a introdução à robótica utilizando simuladores virtuais, seja para desenvolvimento do pensamento lógico ou para prototipação, possibilita uma maior compreensão dos alunos e imersão no ambiente de robótica. Nisso, os primeiros contatos a partir de simuladores, trouxeram noções iniciais de programação em blocos e textual, facilitando o andamento do trabalho. Outro ponto importante diz respeito ao uso da linguagem de programação em blocos e a textual. Aqueles alunos que fizeram uso da linguagem em blocos, apresentam menor dificuldade na compreensão da lógica de programação, sendo importantes para o início de atividades, todavia a linguagem *script* oferece mais elementos para uso dos componentes.

Assim, os alunos que realizaram o curso no Piauí, indicaram como problemas a necessidade de decorar algumas funções ou trabalhar com a articulação dos programas, dificultadas por estar em inglês, no entanto desenvolveram projetos mais complexos. Com a identificação dos conhecimentos matemáticos mobilizados, é possível dirigir para um mapeamento de atividades possíveis no âmbito da Matemática, a partir de problemas reais, vinculados à realidade dos alunos, envolvendo a robótica educacional através da plataforma de prototipação Arduino.

Desta forma, para cada protótipo é possível desenvolver atividades que abordam a Matemática. O abajur, por exemplo, permite o trabalho com números muito pequenos, unidades de medida, algoritmos e os sólidos geométricos, cabendo ao professor alinhar à proposta curricular. Além do mais, o uso de sensores podem ser um recurso poderoso para que o trabalho de coleta, sistematização e análise de dados aconteça, considerando a realidade dos alunos. Dando ênfase a pesquisa prática no âmbito da estatística, que, mesmo contida em referenciais curriculares foi deixada de lado (PONTES; SOUZA; CASTRO, 2021).

O estudo indicou para a diversidade de atividades matemáticas possíveis e com potencial para sucesso quando aplicadas seguindo direcionamentos que os referenciais curriculares apontam. Seguindo os pressupostos estabelecidos na BNCC e no seu complemento de Computação, a RE é uma ferramenta que intermediará a aquisição de competências e habilidades tanto matemáticas quanto aquelas subjetivas. Os alunos deixam de ser os consumidores e começam a ser produtores de tecnologias reais contextualizadas a partir da Matemática escolar, ressignificando seu sentido: a Matemática pode me ajudar a entender a construção de artefatos tecnológicos. O desenvolvimento dos protótipos, além das atividades possíveis visualizadas, oportunizou a visualização do uso do PC.

Durante a criação dos circuitos dos *leds*, foi percebido que os alunos utilizaram os quatro pilares do PC: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Talvez pela

menor complexidade do problema, que era construir um semáforo, os alunos decomporam o problema separando em três (três *leds*), criando um conjunto de soluções, depois reagrupando-as em um processo de recomposição, formando assim a solução geral do problema. O mesmo movimento foi observado quando havia necessidade de integração de componentes, como a criação de um sensor ultrassônico que reagia com sinais sonoros e acionamento de *leds* a partir de dados coletados.

Para a montagem os alunos precisavam olhar para as partes menores, compreendendo o código de cada componente separadamente e depois integrando-os, fazendo assim a decomposição. O reconhecimento de padrões, além do trabalho com o semáforo, foi percebido quando os alunos intentaram a construção de uma guia para pessoas com deficiência visual, fazendo a reutilização do *sketch*, isto é, procurando um problema já resolvido e utilizando a estrutura para resolver o atual. Os processos que envolveram a abstração aconteceram durante todo o módulo I, assim os alunos sempre tinham que focalizar a sua visão no cerne do problema, seja a construção do artefato ou em um erro. Assim, na construção da guia para pessoas com deficiência visual, os estudantes tinham olhar atentamente para o *sketch* do módulo sensor ultrassônico, depois para o *buzzer* e por fim para os *leds*, para cada foco os demais ficavam em segundo plano.

Em outro espectro, nessa atividade foi possível integrar conceitos do *design thinking*, trabalhando empatia ou imersão, definição, ideação, prototipação e testagem. Uma oportunidade para verificar fora do laboratório o impacto que as tecnologias podem trazer não só aos estudantes, mas também para as pessoas que precisam de tecnologias assistivas. Nisto, a esfera de áreas abordadas vai além dos conceitos matemáticos, induzindo os alunos a pensarem como cientistas em experimentações coletivas que visam o bem comum, com envolvimento pela busca de uma ciência prática, real e com utilidade. Assim, foi necessário dos estudantes estruturar o processo, sendo um deles a necessidade do algoritmo.

A algoritmização, que seria o passo a passo para efetivar a construção de um protótipo, foi sendo implementada de acordo com o contato dos alunos com a tecnologia. Nisto, eles iam criando rotinas e aperfeiçoando-as. Cabe, a partir das observações, a distinção que foi observada entre os algoritmos do PC e da Computação, não que sejam os mesmos ou totalmente diferentes, não é intenção criar essa dicotomia. Mas torna-se importante compreender que o algoritmo do programa pode estar dentro do algoritmo da solução - que seria um conjunto ordenado de passos para resolver o problema proposto. E, considerando que o PC é uma habilidade que não necessariamente precisa do computador, há algoritmos que não seriam para criação de um programa.

Essas observações reforçam que o uso dessa habilidade, confundida como algo restrito aos cientistas da computação, tem aplicações em atividades não plugadas (BRACKMANN, 2017), podendo ser utilizada em situações do cotidiano, ensinando métodos de resolução de problemas (WING, 2006). Isto posto, sabe-se que o PC estava imerso no processo de construção de protótipos, colaborando para desenvolver o engajamento dos estudantes. Para tal, constatou-se que as atividades com robótica desenvolvidas no curso, atreladas ao PC, apontam para o engajamento dos participantes. Partindo da ideia que essas atividades têm alto potencial de engajamento (OLIVEIRA; MILL, 2019) existem muitos desafios a serem superados, dentre eles pode ser citado a formação de professores, questões de ordem técnica, financeira e pedagógica.

Neste trabalho, os alunos partiram de problemas situados no seu meio prototipando soluções, como o sistema de irrigação inteligente que confronta com a realidade local. Os agricultores na sua maioria aguardam as águas das chuvas para irrigar suas plantações, uma outra parcela realiza a irrigação com sistemas ou manual. Esses confrontos abrem espaço para ir além de montagens ou conhecimentos matemáticos abordados, permitindo discussões que podem ser empreendidas a partir de um sensor de umidade do solo, ampliando a atuação da robótica. Nisto, Suanno e Miranda (2009, p. 5) inserem que “uma situação-problema específica proposta pelo professor, esses valores e realidades entram em confronto e, no choque de opiniões, soluções são criadas. Ideias são apresentadas, discutidas, analisadas e implementadas em conjunto”.

As percepções do pesquisador sobre a execução das atividades do curso fizeram ascender alguns pontos que podem conflitar. A exemplo, após o término do curso e reflexões sobre os momentos, pareceu mais adequado os alunos iniciarem as atividades do curso com os problemas definidos, ou seja, ele aprenderia a utilizar a plataforma para resolver o problema detectado inicialmente. Este seria o norte assumido durante todo o curso, isto é, os problemas embrionários seriam a motivação para os alunos continuarem no curso. O que não aconteceu, deixando os problemas iniciais sem importância. No entanto, esse fato não pode impedir o professor de realizar alterações nas propostas ao longo de um curso, sempre tentando alcançar o máximo de aprendizado com o mínimo de ensino (PAPERT, 1994).

O enfoque na construção de um pensamento lógico aconteceu a partir da utilização de plataformas como Hora do Código, *Lightbot* e *Doogles*, que aumentavam seu grau de complexidade a partir do avanço de fases. Essas atividades objetivavam reduzir as dificuldades durante a programação de *sketches*, sendo a parte lógica. No entanto, na abordagem dos componentes físicos os alunos não tiveram esse contato, já partiram direto para a instalação de

software no microcontrolador Arduino sem entender como funciona um circuito de um *led*, isto é, como funciona um *led*, como posso ligá-lo e quais os componentes acessórios.

Foi sentido a necessidade de explicar o seu funcionamento: a) manual; b) automatizado; e c) inteligente. Em a) tem-se a ligação convencional de um *led* utilizando ou não a placa Arduino, podendo ser substituída por uma outra fonte de energia. Assim, os alunos perceberiam o circuito e ficaria mais claro a necessidade ou não de um resistor, conceitos de voltagem e amperagem. Com a compreensão de um circuito simples para manualmente acionar um *led*, os alunos poderiam ser interrogados sobre as possibilidades de automatização, agora unir-se-á os conceitos lógicos e físicos; em b) A criação do programa aconteceria a partir do circuito pronto ou vice-versa, mas que interagirão para acionamento do *led*, ligando-o e desligando em *loop*.

Outra limitação deste trabalho está relacionada a ausência de construção de robôs que se movimentassem pela sala a partir do uso de motores, como carros ou pequenos humanoides, restringindo a apenas artefatos fixos. Entende-se que a inserção desses robôs pode ampliar as possibilidades matemáticas saindo uma visão 2D para uma 3D. Nessa perspectiva, a dinamicidade é maior e os alunos saem do estacionamento limitado que os contêm, firmando conexões a partir da matematização do artefato, busca de generalizações matemáticas e conteúdos como simetria, reflexão, retas paralelas, ângulos alternos e internos, modelagem matemática e elementos geométricos (LEITÃO, 2010).

A partir dos fundamentos já expressos, a robótica tem uma notável contribuição enquanto ambiente para a produção de novas aprendizagens e experiências que dão significado aos conhecimentos matemáticos, articulados ou não com outras áreas. Contudo, é importante salientar que coexistem desafios a serem superados. D'Abreu e Garcia (2010) evidenciam, enquanto desafio, que o desenvolvimento de projetos nas salas de aulas deve proporcionar aos estudantes o aprendizado contextualizado, com a maior amplitude possível.

Noutro eixo, apesar dos esforços de entidades da área da computação para criação de atos normativos que contemplem o ensino da cultura digital, mundo digital e o PC, o professor precisa ser aproximado das tecnologias, em um sentido construcionista. Assim, será capaz de criar teias de aprendizagem no ecossistema que a robótica permite, fazendo florescer competências necessárias para progressão dos estudantes na escola e na vida. Tais perspectivas consideram que é importante que esses espaços de produção de aprendizagens não sejam pré programados, restringindo a imaginação dos estudantes, mas que ofereçam mecanismos para a expansão do seu pensamento.

Por conseguinte, entende-se que outras questões existem e não foram abordadas neste estudo, considerando a limitação de tempo, componentes físicos e as delimitações dos objetivos

pré estabelecidos. Neste panorama, faz-se necessário promover estudos que analisarão outros movimentos da mobilização de conceitos matemáticos no ambiente de aprendizagem da RE, a existência e validação das microfases, engajamento através do Pensamento Computacional e aprofundamento quanto às atividades que podem ser desenvolvidas através da robótica no âmbito do ensino da Matemática.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. **Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference?.** 5, 2001.
- ALMEIDA, M. E. B. Informática e educação. Diretrizes para uma formação reflexiva de professores. São Paulo. (Dissertação) - Programa de Pós-Graduação em Educação: Supervisão e Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1996
- ALMEIDA, M. E. B. **Tecnologias na Educação, formação de educadores e recursividade entre teoria e prática: trajetória do programa de pós graduação em Educação em Educação e Currículo.** Revista E-Curriculum, São Paulo, v.1, n.1, dez. - jul. 2005-2006
- ALRO, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e aprendizagem em Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2006.
- ALTOÉ, A.; PENATTI, M. M. **O construtivismo e o construcionismo fundamentando a ação docente em ambiente informatizado.** In: ALTOÉ, Anair;
- ALVES, R. **Gaiolas e asas.** Folha de São Paulo, São Paulo, 05 dez. 2001. Opinião, s/p. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaofz0512200109.htm> Acesso em: 01/04/2022
- ANACLETO, P. P. **Arduino no Ensino de Lógica Matemática: Uma Aplicação no Primeiro Ano do Ensino Médio.** 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop, 2018.
- ANDRADE, J. W. **ROBÓTICA EDUCACIONAL: UMA PROPOSTA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA.** 2018. 59 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Santa Catarina, 2018.
- ANDRADE, L. N. Computador na sala de aula. **Revista Professor de Matemática (RPM),** São Paulo, v. 83, ano 2014, p. 4-9, jan./abril, 2014.
- ARDUINO. **Arduino.** Disponível em: <http://www.arduino.cc/> Acesso em: 20 jan. 2022.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. STEAM em sala de aula: **A aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica.** Penso Editora, 2020.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. **Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação** [recurso eletrônico]. Organizadores: Lilian Bacich, Adolfo Tanzi Neto, Fernando de Mello Trevisani. - Porto Alegre: Penso, 2015.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros passos Arduino: A plataforma de prototipagem eletrônica open source.** 2ª ed. São Paulo: Novatec, 2015.
- BARBOSA, F. C. **Educação e Robótica Educacional na escola pública: as artes do fazer.** 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Urbânia, Urbânia, MG, 2011.

BARBOSA, F. C. **Rede de Aprendizagem em Robótica: Uma perspectiva educativa de trabalho com jovens**. 2016. 367 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Urubelândia, Urubelândia, MG, 2016.

BARCELOS, T. S.; SILVEIRA, I. F. **Pensamento Computacional e Educação Matemática: Relações para o Ensino de Computação na Educação Básica**. In: XX Workshop sobre Educação em Computação (WEI): Curitiba, 2012.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979.

BENITES, L. C.; MILISTETD, M.; VIEIRA, J.; FARIAS, G. O. **Análise de Conteúdo na investigação pedagógica em Educação Física: estudo sobre estágio curricular supervisionado**. Movimento, Porto Alegre, v. 22, n. 1, 35-50, jan./mar. de 2016.

BENITTI, F. B. V. *et al.* **Experimentação com robótica educativa no ensino médio: ambiente, atividades e resultados**. Blumenau: Departamento de Sistemas e Computação Universidade Regional de Blumenau, 2009 Disponível em: <http://robolab.inf.furb.br/robolab/artigos/robolab/wie2009.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: Reach every student in every class every day**. USA:ISTE, 2012.

BLIKSTEIN, P. (forthcoming in 2011). **O mito do mau aluno e porque o Brasil pode ser o líder mundial de uma revolução educacional**. In Nakahodo, S. (Ed.), Brasileiros Globalizados. Disponível em: http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil_pode_ser_lider_mundial_em_educacao.pdf Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

BLIKSTEIN, P. Viagem em Troia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 837-856, jul/set. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-970220164203003>

BLIKSTEIN, P.; SILVA, R. B.; CAMPOS, F.; MACEDO, L. **Tecnologias para uma educação com equidade: Novo horizonte para o Brasil**. Relatório de Política Educacional (2021), Brasília, Março/2021. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio-Tecnologias-para-uma-Educacao-com-equidade.pdf> Acesso em: 15 de janeiro de 2022.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

BOLTER, J. D. **Turing's man, western culture in the computer age**. Carolina do Norte: Universidade da Carolina do Norte, 1984.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. 2017. Tese de doutorado. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172208> Acesso em: 12/07/2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Brasil no Pisa 2018** [recurso eletrônico]. - Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020. 185 p. : il.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatórios de resultados do Saeb 2019**: volume 1: 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e séries finais do Ensino Médio [recurso eletrônico]. - Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2021. 241 p. : il.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Relatório Brasil no Pisa 2018. Brasília, MEC/INEP, 2019. Disponível em:

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Matemática** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEC, 1998. 148 P. Disponível: <http://portal.mec.gov.br/sec/seb/arquivos/pdf/matematica.pdf> Acesso em: 10 de dez. de 2021.

CABRAL, C. **Robótica Educacional e Resolução de Problemas**: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento. Porto Alegre: Artes Médicas, 2010.

CAMBRUZZI, E.; SOUZA, R. M. **O Uso da Robótica Educacional para o Ensino de Algoritmos**, 2013. Disponível em: <http://www.eati.info/eati/2014/assets/anais/artigo4.pdf> Acesso em: 04/01/2022

CAMBRUZZI, E.; SOUZA, R. M. **O uso da Robótica Educacional**. Campinas, Unicamp, 1993.

CAMPOS, F. R. **Robótica Pedagógica e Inovação Educacional**: Uma Experiência no Uso de Novas Tecnologias na Sala de Aula. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação, Arte e História da Cultura) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005.

CAMPOS, F. R. **Diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert: prática educativa e as tecnologias digitais da informação e comunicação**. 2008. 183 f. Tese (Doutorado em Letras) - Universidade Presbiteriana Mackenzie), São Paulo, 2008.

CAMPOS, F. R. **Paulo Freire e Seymour Papert**: Educação, Tecnologias e Análise do Discurso. Curitiba: CRV, 2013.

CAMPOS, F. R. Robótica Educacional no Brasil: Questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **RIAEE - Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 14, p. 2108-2121, out/dez. 2017.

CAMPOS, F. R. **Robótica para uso educacional**. SENAC LV: São Paulo, 2019.

CANDIOTTO, W. C. **Traços essenciais do conhecimento matemático: um esboço preliminar**. X ANPED SUL, Florianópolis, outubro de 2014. Disponível em: http://xanpedsul.faed.udesc.br/arq_pdf/908-0.pdf Acesso em: 22/12/2022

CAREY, S. **Mudança Conceitual na Infância**. Cambridge, MA: MIT Press., 1987

CARRETERO, M. **Construir e Ensinar as Ciências Sociais/hist.** São Paulo: Artmed, 1997.
 CASTILHO, M. I. **Robótica na Educação: Com que objetivos?** (Monografia de Especialização em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em:
http://www.pgie.ufrgs.br/alunos_espie/espie/mariac/public_html/robot_edu.html Acesso em: 13/12/2022

CASTRO, J. B. **Construção do conceito de covariação por estudantes do ensino fundamental em ambientes de múltiplas representações com suporte das tecnologias digitais.** 2016. 275f. – Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Educação Brasileira, Fortaleza (CE), 2016.

CASTRO-FILHO, J. A.; FREIRE, R. S.; CASTRO, J. B. Tecnologia e Aprendizagem de Conceitos Matemáticos. **JIEEM**, v. 10, n. 2, p. 93-98, 2017.

CAVALCANTI, C.C.; FILATRO, A. **Design thinking: na educação presencial, a distância e corporativa.** São Paulo: Saraiva, 2016.

CÉSAR, D. R. **Robótica Pedagógica Livre: Uma Alternativa Metodológica para Emancipação Sociodigital e a Democratização do Conhecimento.** 2013. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CÉSAR, D. R.; BONILLA, M. H. S. **Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no Cet CEFET em Itabirito - Minas Gerais – Brasil.** In: XXVII Congresso da SBC, 2007, Rio de Janeiro, RJ. Anais (on-line). Rio de Janeiro: Congresso da SBC, 2007. Disponível:
<http://www.brie.org/pub/index.php/wie/article/view/953> Acesso em 05 de jan. de 2022.

CHELLA, Marco Túlio. **Ambiente de Robótica para Aplicações Educacionais com Super Logo.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

COLL, C.; MARCHESI, J.; MARCHESI, A. **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação/** organizado por César Coll, Jesús Palacios e Álvaro Marchesi; trad. Angélica Mello Alves. - Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v. 2.

CONFORTO, Debora.; CAVEDINI, Patricia.; MIRANDA, Roxane.; CAETANO, Saulo. Pensamento computacional na educação básica: interface tecnológica na construção de competências do século XXI. **RBECM**, Passo Fundo, v. 1, n. 1, p. 99-112, jan./jun. 2018. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/8481/pdf> Acesso em: 09/07/2021.

COOK; HUSSEY. **Assistive Technologies: Principles and Praticice**, Mosby - Year Book, USA-Missouri, 1995

CORRENTE, M. J. **A robótica educacional livre como ferramenta didática para o ensino da Matemática.** 2020. 28 f. Monografia (Pós Graduação em Educação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

COSTA, M. L. F. TERUYA, T. K. **Educação e novas tecnologias**. Formação de Professores – EAD nº 16. Maringá: EDUEM, 2005.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010

CURY, T. E.; HIRSCHMANN, D. R **Porque a placa eletrônica Arduino deve ser inserida no contexto Escolar das aulas de Matemática**. Porto Alegre: IERGS/UNIASSELVI, 2014. Disponível em: <http://www.thiagocury.eti.br/arquivos/artigo-arduinoxmatematicav1.8.pdf> Acesso em 20/12/2021.

D'ABREU, J. V. V.; BASTOS, B. L. Robótica pedagógica e currículo do ensino fundamental: Atuação em uma escola municipal do projeto uca. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 23, n. 3, p. 56-67, 2015.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática e seu lugar na história e na pedagogia da matemática**. For the Learning of Mathematics, v.5, n.1, p.41-8, 1985. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40247876> Acesso em: 05/02/2023

D'AMBRÓSIO, B.; D'AMBRÓSIO, U. Formação de professores de matemática: professor-pesquisador. **Atos de pesquisa em educação** – PPGE/ME FURB ISSN 1809– 0354 v. 1, nº 1, p. 75-85, jan./abr. 2006.

D'ABREU, J. V. V.; GARCIA, M. F. **Robótica Pedagógica e Currículo**. In: Workshop de Robótica Educacional WRE - 2010, 2010, São Bernardo do Campo. Anais de Joint Conference 2010 - SBIA-SBRN-JRI, Workshops, 2010. p. 01-06. Disponível em: . Acesso em: 25 jul. 2018.

D'AMBRÓSIO, U. **Priorizar História e Filosofia da Matemática na Educação**. Tópicos Educacionais, Recife, v. 18, n.1-2, jun./dez. 2012.

DEMO, P. **Saber pensar**. São Paulo: Cortez Editora, 2001.

DIAS-TRINDADE, S.; MILL, D. (org.). **Educação e Humanidades Digitais: aprendizagens, tecnologias e cibercultura**. In: Educação e humanidades digitais: aprendizagens, tecnologias e cibercultura / org. Sara Dias Trindade, Daniel Mill. – (Conferências e debates interdisciplinares). Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2019. Disponível em: <https://edutec.ead.ufscar.br/tccs/8f17b2cbd8cb851b71ffc96ebe36682c.pdf> Acesso em: 20/12/2022

DUARTE, J.; BARROS, A. **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação** - 2.ed., 2.reimpr. - São Paulo: Atlas, 2008.

DWORAKOWSKI, L. A., DORNELES, P. F. E HARTMANN, A. M. **Estudo de gráficos da cinemática através do jogo batalha naval e de atividades robóticas**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 2, p. 337-344, ago. 2018

DWYER, T.; WAINER, J.; DUTRA, R. S.; COVIC, A.; MAGALHÃES, V. B.; FERREIRA, L. R. R.; PIMENTA, V. A.; CLAUDIO, K. Desvendando Mitos: Os computadores e o desempenho no sistema escolar. **Educ. Soc., Campinas**, vol. 28, n. 101, p. 1303-1328, set/dez. 2007. Disponível em: <http://www.cedes.unicamp.br> Acesso em: 15 de janeiro de 2022.

em: <<http://www.aredo.inf.br/edicao-n-34-marco-2008/3920-irresistivel-robo>>.

FAGUNDES, L. C.; ARAGÓN, R.; BASSO, M. V. A.; MARASCHIN, C. Laboratório de Estudos Cognitivos: percursos de pesquisa, formação e criação. **Informática na Educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 242-257, maio/ago. 2019.

FERNANDEZ, M. P.; CORTÉS, M. I. **Introdução à Computação**. 3ª ed. - Fortaleza: Ed UECE, 2015. 126p.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Dario Fiorentini, Sergio Lorenzato. 3ª Ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

FONSECA FILHO, C. **História da Computação [recurso eletrônico]: O caminho do pensamento e da tecnologia**. - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, 205 p. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/> Acesso em : 05 de janeiro de 2022.

FORTES, R. M. **Interpretação de gráficos de velocidade em um ambiente robótico**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Curso de Mestrado em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Líber Livro, 2008.

FREIRE, P. **Educação e Atualidade Brasileira**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

FREIRE, P.; D'AMBROSIO, U.; MENDONÇA, M.C. A conversation with Paulo Freire For the Learning of Mathematics, **Fredericton**, v. 17, n. 3, p.7-10, nov. 1997.

FURLETTI, S. (2010). **Exploração de tópicos de matemática em modelos robóticos com utilização do software Slogo no ensino médio**. Dissertação de Mestrado, Universidade Pontifícia Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da Educação**. São Paulo em Perspectiva, 14 (2), 2000.

GALVÃO FILHO, T. A. *et al.* **Conceituação e estudo de normas**. In: BRASIL, Tecnologia Assistiva. Brasília: Comitê de Ajudas Técnicas/SEDH/PR, 2009, p. 13-39. Disponível em http://www.galvaofilho.net/livro-tecnologia-assistiva_CAT.pdf Acesso em: 05/01/2023

GALVÃO, A. P. **Robótica Educacional e o Ensino de Matemática: um experimento educacional em desenvolvimento no ensino fundamental**. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade do Oeste do Pará, Santarém, 2018.

GAROFALO, D.; BACICH, L. **Um olhar para a aprendizagem socioemocional no STEAM**. In: STEAM EM SALA DE AULA: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos a educação básica. Penso Editora, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Pedagogia do Oprimido**. 44. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GOMES, C. G.; SILVA, F. O.; BOTELHO, J.C.; SOUZA, A. R. **A robótica como facilitadora do processo de ensino aprendizagem de matemática no ensino fundamental**. In: PIROLA, N. A. (Org.). Ensino de Ciências e matemática, IV: temas de investigação. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 244 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/17089/1/TPSS01102019.pdf> Acesso em: 05/01/2023

GOMES, R. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Maria Cecília de Souza Minayo (organizadora). - 21. ed. - Petrópolis: Vozes, 1994.

GONÇALVES, P. C. **Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional**. 2011. 222 f. Mestrado (Programa de Pós Graduação em Mecatrônica). Universidade Estadual de Maringá. 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.do?select_action=&co_autor=38644 Acesso: 08 de dez. de 2022.

KAFAI, Y. B.; RESNICK, M. (ORGS.). **Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World**. 1o ed. Routledge, 1996.

KAMINSKI, M. R.; KLÜBER, T. E. BOSCARIOLI, C. Pensamento Computacional na Educação Básica: Reflexões a partir do Histórico da Informática na Educação Brasileira. **Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE**, v. 29, 2021, 604-633. DOI: 10.5753/RBIE.2021.29.0.604 Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/v29p604> Acesso em: 15/08/2021

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologia: o novo ritmo da informação**. 2. ed. Campinas: Papirus, 2007.

KUH, G. **What student affairs professionals need to know about student engagement**. Journal of College Student Development, Maryland, USA, v.50, n. 6, p. 683–706, 2009.

KURSHAN, B. Thawing from a Long Winter in Computer Science Education. **Forbes**, p. 2, fev. 2016.

LAUREANO, S. R. **Clubes de robótica na rede municipal do Recife: uma análise da perspectiva do engajamento estudantil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CE. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, 2019. Recife, 2019.

LEITÃO, R. L. **A Dança dos Robôs: Qual a Matemática que Emerge Durante Uma Atividade Lúdica com Robótica Educacional?** 87 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de

Mestrado em Educação Matemática, Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2010.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Cibercultura / Pierre Lévy; Tradução de Carlos Irineu Costa. - São Paulo: Ed. 34, 1999.

LÉVY, P. **Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Tradução Carlos Irineu da Costa. Editora 34, São Paulo, 2010.

LIRA, A. S.; LEITÃO, D. A.; CASTRO, J. B. Como o processo de produção de mídias pode contribuir para a formação docente? Porto Alegre: **Revista Renote**, v. 17, nº 1, p. 425-434, 2019.

LIUKAS, L. **Hello Ruby: adventures in coding**. Feiwei & Friends, 2015.

MACEDO, L. **Para uma visão construtivista do erro no contexto escolar**. In: AGUIAR, C. de T. (Org.). Coletânea de Textos de Psicologia. São Paulo: Secretaria da Educação/ Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, 1990, p.75-84.

MALIUK, K. D. **Robótica Educacional como cenário investigativo nas aulas de Matemática**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARINHO, S. P. **Tecnologia, educação contemporânea e desafios ao professor**. In: Joly, Maria Cristina R. Azevedo (org). A Tecnologia no Ensino: Implicações para a aprendizagem. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

MARTINS, E. F. **Robótica na sala de aula de Matemática: os estudantes aprendem Matemática?** 2012. 168 f. Mestrado em Ensino de Matemática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MARTINSS, L. M.; RIBEIRO, J. L. D. **Engajamento do estudante no ensino superior como indicador de avaliação**. Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 22, n. 1, p. 223-247, mar. 2017

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. Tradução de Rafael Zanolli. Editora Novatec, 2011

MEDEIROS NETO, M. S. **Protótipo robótico de baixo custo utilizando como ferramenta para o ensino da Matemática**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

MILL, D.; CÉSAR, D. (2010). **Robótica pedagógica livre: sobre inclusão sócio-digital e democratização do conhecimento**. PERSPECTIVA, Florianópolis, v. 27, n. 1, 217-248, jan./jun. 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-795X.2009v27n1p217>

MOORE, D. L. **Ada, countess of Lovelace: Byron's legitimate daughter**. New York: Harper and Row, 1977.

MORAES, M. C. **Robótica Educacional: socializando e produzindo conhecimentos matemáticos**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Educação e Ciências). Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, 2010. 144 f.

MORAN, J. M. **Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias**. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.12, p.13-21, maio/ago. 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1891/189117821002.pdf> Acesso em: 25/11/2022

MOREIRA, A *et al.* **Construção de um Robô Móvel Teleoperado de Baixo Custo para Aplicação em Aulas Práticas de Robótica**. Conference: 6th Workshop of Robotics in Education (WRE 2015)At: Uberlândia - MG, Brasil, October 2015

MOURA, M. **Matemática na infância**. In: MIGUEIS, M. R.; AZEVEDO, M. G. (Org.). Educação Matemática na infância: abordagens e desafios. Vila Nova de Gaia. Gailivro, 2007.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. **Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios**. RAC, Curitiba, v. 15, n. 4, pp. 731-747, Jul./Ago. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/YDnWhSkP3tzfXdb9YRLCPjn/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 15/12/2022

NASCIMENTO, C. A.; SANTOS, D. A. S.; TANZI NETO, A. **Pensamento computacional e interdisciplinaridade na educação básica: um mapeamento sistemático**. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 7., 29 out.-01 nov. 2018, Fortaleza (CE). Anais... Fortaleza (CE): SBC, 2018. p. 709-718.

NASCIMENTO, G. C. A pesquisa como mediação do ensino e instrumento promotor da autonomia acadêmica. **Âmbito Jurídico**, 2013. Disponível em: https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-114/a-pesquisa-como-mediacao-do-ensino-e-instrumento-promotor-da-autonomia-academica/#_ftn1. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

OLIVEIRA, A. C. A. de. **A contribuição do design thinking na educação**. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, n. especial educação, p. 105-121, 2014

OLIVEIRA, E. S. **Robótica educacional e raciocínio proporcional: uma discussão à luz da teoria da relação com o saber**. (DISSERTAÇÃO), UFPB, Campina Grande, 2015, 161 P

OLIVEIRA, E. S.; COSTA, P. C.; COSTA, G. F.; LINS, A. F. Refletindo a produção científica sobre robótica educacional e o ensino de matemática na base de dados da CAPES. In: **ONEDU Congresso Nacional de Educação**, 2014, Paraíba. Anais... [s.n.].

OLIVEIRA, J. A. C. **Robótica como Interface da Tomada de Consciência da Ação e do Conhecimento do Objeto, através da metacognição como propulsora da produção do conhecimento**. 2007. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, O. MILL, D. **Robótica pedagógica como meio de engajamento do estudante: algumas aproximações**. In: Educação e humanidades digitais: aprendizagens, tecnologias e cibercultura / org. Sara Dias Trindade, Daniel Mill. – (Conferências e debates

interdisciplinares). Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2019. Disponível em: <https://edutec.ead.ufscar.br/tccs/8f17b2cbd8cb851b71ffc96ebe36682c.pdf> Acesso em: 20/12/2022

PAPERT, S. (1980). **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books.

PAPERT, S. (1991). **Situating constructionism**. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism* (pp. 112). Norwood, NJ: Ablex.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 220 p.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era digital**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PAPERT, S. **Discurso de abertura da International One-to-One Computing Conference. Sydney**, Austrália - junho, 2004. Disponível em: <https://vimeo.com/9092144> Acesso em 17 jan. 2022.

PAPERT, S. Education for the knowledge society: a Russia-oriented perspective on technology and school. **IITE Newsletter**. UNESCO, No . 1, janeiro-março 2001.

PAPERT, S. **Logo: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. **Logo: computadores e educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988.

HAREL, I.; PAPERT, S. (Eds.). (1991). **Construcionismo**. Norwood: Editora Ablex, 1991

PAPERT, S. SOLOMON, C. Twenty things to to with a Computer. **Educational Technology Magazine**, 1972. Disponível em: <http://www.stager.org/articles/twentythings.pdf> Acesso em 20/07/2021.

PAULOS, J. A. **Mas aliá de los números**. Barcelona: Tusquets Editores, 1993.

PERALTA, D. A.; GUIMARÃES, E. C. (2018). **Robotics at school as an interdisciplinary teaching approach in Basic Education: The future has arrived to school?** (A robótica na escola como postura pedagógica interdisciplinar: o futuro chegou para a Educação Básica?). *Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE)*, 26(1), 30-50. DOI: 10.5753/RBIE.2018.26.01.30

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. Tradução de Álvaro Cabral. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

PIAGET, J. **Introduction a L Épistemologie Génétique et Connaissance Scientifique**. Paris: PUF, 1950.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

PIAGET, J. **Para Onde Vai a Educação?** Rio de Janeiro, José Oympio, 1984.

PIO, J. L. S. CASTRO, T. H. C. CASTRO JUNIOR, A. N. **A Robótica Móvel como Instrumento de Apoio à Aprendizagem de Computação**. XVII Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação - SBIE - UNB/UCB - 2006
<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/2332/2/PDF%20-%20Edvanilson%20Santos%20de%20Oliveira.pdf> Acesso em: 05/01/2023

PONTES, M. M.; SOUZA, M. S. M. X.; CASTRO, J. B. **Estatística nos anos iniciais do Ensino Fundamental: as experiências de duas professoras após um processo de formação colaborativa**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 1–19, 2021. DOI: 10.26843/rencima.v12n4a19. Disponível em:
<https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/3166> Acesso em: 10 fev. 2023.

PRESICCE, C. **Explorations in Computational Tinkering**. 2017. 79 f. Master (Science in Media Arts and Sciences), Massachusetts Institute of Technology, 2017.

QUEIRÓS, P.; GRAÇA, A. **A análise de conteúdo (enquanto técnica de tratamento de informação) no âmbito da investigação qualitativa**. In: MESQUITA, I; GRAÇA, A. (Org.). Investigação qualitativa em desporto. Porto: Porto, 2013. v. 2, p. 115-149.

QUINTANILHA, L. (2008). Irresistível robô. **Revista A Rede**, ed. 34, mar. Disponível em:
<http://www.arede.inf.br/edicao-n-34-marco-2008/3920-irresistivel-robo> Acesso em: 22/01/2022

RAABE, A. L. A.; BRACKMANN, C. P.; CAMPOS, F. R. **Currículo de referência em tecnologia e computação: da educação infantil ao ensino fundamental**. São Paulo: CIEB, 2018. Disponível em: https://curriculo.cieb.net.br/assets/docs/Curriculo-de-referencia_EI-e-EF_2a-edicao_web.pdf Acesso em: 02/07/2021

RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. **Revista Tecnologias na Educação** – Ano 10 – Número/Vol.26 Edição Temática VIII – III Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2018).

RIBEIRO, C. (2006). **RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1.º Ciclo do Ensino Básico**. Universidade do Minho – Instituto de Educação e Psicologia. Dissertação de mestrado

RIBEIRO, C.; COUTINHO, C.; COSTA, M., (2011). **A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico**. Sistemas e Tecnologias de Informação, Vol. 1, 440-447.

RIBEIRO, L. B. R. **A robótica pedagógica livre e a convergência tecnopedagógica: potencial educativo**. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Contemporaneidade) - Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2017.

ROCHA, T. B.; BRANDÃO, C. W. G. S. **Cyberbullying na educação básica: análise do uso da rede internet por discentes do ensino médio**. XV ENECULT, SALVADOR, BAHIA, 2019 Disponível em: <http://www.xvenecult.ufba.br/modulos/submissao/Upload-484/111405.pdf> Acesso em: 14/01/2023.

RODRIGUES, W. S. **Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6º ao 9º Ano do Ensino Fundamental: utilização da metodologia LEGO® Zoom Education**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

ROMANATTO, M. C. Resolução de problemas nas aulas de Matemática. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, mai. 2012. Ensaios. ISSN 1982-7199.

ROSSMAN, G. B. RALLIS, S. F. (1998). **Learning int the field: An introduction to qualitative research**. Thousand Oaks, CA: Sage.

RUIZ, A. R. A Matemática, os matemáticos, as crianças e alguns sonhos educacionais. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 217-225, jun, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v8n2/06.pdf>> Acesso em:

SALES, S.B.; SILVA, R. B.; SOBREIRA, E. S. R.; NASCIMENTO, M. D. R. Utilizando Scratch e Arduino como recursos para o ensino da Matemática. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, VI, 2017, Campinas. **Anais do XXII Workshop de Informática na Escola**. Campinas: UNICAMP, 2017. p. 538-547.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. - Dados Eletrônicos. - Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTIAGO, L. B. M. (2017). **História e Memória da Informática Educativa no Ceará**. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22907> Acesso em: 15/08/2021

SANTOS, C. F. R. **A robótica educacional como recurso de mobilização explicitação de invariantes operatórios na resolução de problemas**. Tese. 191 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SANTOS, F. Robótica Educacional: Geometria da direção de triciclos com drive governor. **Revista eletrônica TECCEN**, Vassouras, v. 2, n. 1, p. 1-7, out.-dez. 2008.

SANTOS, F. V.; ARAUJO JUNIOR, F. P. S.; TRINDADE, A. K. B. Ensino da Estatística: uma abordagem sobre a utilização da pesquisa de campo como ferramenta de aprendizagem. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, ano XI, vol. 01, Aracajú: IFS, 2018. p. 31-45. ISSN 1983-7399.

SANTOS, F. V.; SOUZA, M. S. M. X.; CASTRO, J. B. Robótica Educacional: estratégias para além da pandemia da COVID-19. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 25 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v13n1a06>

SANTOS, M. E. **Ensino das Relações Métricas do Triângulo Retângulo com Robótica Educacional**. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Amazonas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2016.

SCHELLER, M.; VIALI, L.; LAHM, R. A. A aprendizagem no contexto das tecnologias: uma reflexão. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 12, nº 2, Porto Alegre, dez. 2014.

SILVA, A. F. **RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional**. 127 f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009.

SILVA, A.; NICOLETE, P. C.; SANTOS, A. C.; TAROUÇO, L. M. R. Informática educativa na educação básica pública brasileira: análises sobre sua importância, tendências e desafios. **ETD-Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v.23, n.3, p. 794-815, jul./set. 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8657915> Acesso em: 20/12/2021.

SILVA, E. C. **Pensamento computacional e a formação de conceitos Matemáticos nos anos finais do ensino fundamental: uma Possibilidade com kits de robótica**. 2018. 267 f. Mestrado (Geociências e Ciências Exatas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.

SILVA, J. J. **Filosofias da Matemática**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2007

SILVA, K. M. **O corpo sentado: notas críticas sobre o corpo e o sentar na escola**. (Dissertação de Mestrado). Campinas: Unicamp/Faculdade de Educação, 1994.

SILVA, M. P. **Robótica educacional livre no 9º ano do ensino básico: uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Matemática. Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2021. 184 f.

SILVA, R. **Criação de um plano de razões e um teodolito com o uso do arduino: uma proposta para o ensino de razões trigonométricas no triângulo retângulo**. 2019. Tese. UFRJ, 2019. <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5126/2/2019%20-%20Ronaldo%20da%20Silva.pdf>

SILVEIRA, F. **Design & Educação: novas abordagens**. p. 116-131. In: MEGIDO, Victor Falasca (Org.). A Revolução do Design: conexões para o século XXI. São Paulo: Editora Gente, 2016

SILVEIRA-JÚNIOR, C. R.; COELHO, J. D.; SANTOS, L. S. Robótica nas aulas de Matemática do Ensino Médio: uma proposta educacional de baixo custo. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n 5, 2017.

SOFFA, M. M.; SANTOS, V. S.; BEHRENS, M. A Mudança paradigmática no uso das tecnologias na Educação. **IX Congresso Nacional de Educação (EDUCERE)**, 2008, p. 4255-4268. https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2008/335_297.pdf 16/10/2021

SOFFNER, R. Tecnologia e educação: um diálogo Freire - Papert. **Tópicos Educacionais** - UFPE, Recife, v. 19, n. 1, jan/jun 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/download/22_353/18549 Acesso em 25/01/2022

SOLORZANO, A. L. V. **Uma plataforma de jogos para introdução à programação paralela utilizando linguagem visual baseada em blocos**. UFSC, Santa Catarina, RS, 2019. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/21438/TG459_Ana%20Veroneze%20Sol%c3%b3zano.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 19/12/2022

SOUSA, J. R. SANTOS, S. C. M. **Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer**. Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora: UFJF, v. 10, n. 2, p. 1396 - 1416, jul. - dez. 2020. ISSN 2237-9444. DOI: <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2020.v10.31559>

SOUSA, J. R.; SANTOS, S. C. M. **Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer**. Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora: UFJF, v. 10, n. 2, p. 1396 - 1416, jul. - dez. 2020. ISSN 2237-9444. DOI: <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2020.v10.31559>

SOUZA, M. S. M. X.; SANTOS, F. V.; CASTRO, J. B. Um panorama das investigações que consideram kits de robótica utilizados com fins educacionais. **Encitec - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista** - Santo Ângelo - Vol. 11, n. 3., p. 267-285, set./dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i3.431>

STEWART, I. **Os problemas da matemática**. Lisboa: Gradiva, 1996.

SUANNO, M. V. R.; MIRANDA, J. R. **Robótica pedagógica: prática pedagógica inovadora**. In: IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 2009, Curitiba. Anais do Congresso Nacional de Educação. Curitiba: Champagnat, 2009. v. Único. Disponível em: . Acesso em: 22 mar. 2018.

TEIXEIRA, R. F. S. **Introdução a Algoritmos** . Ministério da Educação, Universidade Aberta. Brasil, 2019.

TRINDADE, A. G. **Linguagem de Programação visual: uma nova forma de aprender a programação de computadores**. Processando o Saber, Praia Grande, ano 7, nº 7, 2015

TRON (Piauí). Tron Robótica Educativa. A Robótica Educacional no mundo. **Robótica Livre**, Teresina, v. 3, n. 2, p.21-23, Mai 2018. Disponível em: https://tron-edu.com/roboticalivre/revista_robotica_livre_3-edicao.pdf

UNICEF. **The state of the world's children 2017: Children in a digital world**. Division of Communication: New York, 2017.

USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Report of a Workshop of Pedagogical Aspects of Computational Thinking**. Washington, D.C.: The National Academies Press. 2011. Disponível em <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/NRC-Pedagogy-CT.pdf> Acesso em: 20/07/2021

VALENTE, J. A. (1985). **PREFÁCIO**. In: SEYMOUR PAPERT, *LOGO: Computadores e Educação* (p. 9). São Paulo, Brasil: Editora Brasiliense.

VALENTE, J. A. **O Professor no Ambiente Logo: formação e atuação** /José Armando Valente, organizador — Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1995.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. 1ª ed. Campinas, NIEDUnicamp, 1993.

VALENTE, J. A. **Informática na educação: Instrucionismo x Construcionismo**. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/2/1/informaacutetica-na-educaccedilatildeo-instrucionismo-x-construcionismo> Acesso em 12 de dez. de 2021.

VALENTE, J. A. Integração do Pensamento Computacional no Currículo da Educação Básica: Diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. **E-Curriculum [online]**. 2016, vol.14, n.3, pp.864-897. ISSN 1809-3876. <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2016v14i3p0864>

VALENTE, J. A. **O Professor no Ambiente Logo: formação e atuação** /José Armando Valente, organizador —Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1995

VALENTE, J. A.; BLIKSTEIN, P. (2019) **Educação maker: Onde está a construção do conhecimento? Fundações Construtivistas** 14(3): 252-262. VOL 14 NUM 3. Disponível em: <https://constructivist.info/14/3/252> Acesso em: 14/12/2021.

VALENTE, J. A.; CANHETTE, C. C. **LEGO-Logo: Explorando o Conceito de Design**. In: VALENTE, J. A. (Org.). Computadores e Conhecimento: repensando a Educação. 2.ed. Campinas: UNICAMP/NIED, 1998. p.77-91.

VEIGA, F. H. **Envolvimento dos alunos na escola: elaboração de uma nova escala de avaliação**. International Journal of Developmental and Educational Psychology, vol. 1, núm. 1, 2013, pp. 441-449 Asociación Nacional de Psicología Evolutiva y Educativa de la Infancia, Adolescencia y Mayores. Badajoz, España, 2013.

VIEGAS, S. C. O uso do sistema embarcado Arduino como apoio na resolução de problemas matemáticos em um curso de mecatrônica. In: **Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós Graduação em Educação Matemática**, XX., 2016, Juiz de Fora.

VIGNERON, J.; OLIVEIRA, V. B (org). **Sala de aula e tecnologias**. São Bernardo do Campo: UMESP, 2005.

WANLIN, P. **L'analyse de contenu comme méthode d'analyse qualitative d'entretiens : une comparaison entre les traitements manuels et l'utilisation de logiciels**. *Recherches Qualitatives*, Québec, n. 3, p. 243-272, 2007.

WASSERMAN, N.; HOLBERT, N.; BLIKSTEIN, P. O coronavírus também vai contaminar a educação? Os riscos de uma mudança radical para o ensino online depois que a crise passar. **PORVIR: Inovações em Educação**, 2020. Disponível em: <https://porvir.org/o-coronavirus-tambem-vai-contaminar-a-educacao-os-riscos-de-uma-mudanca-radical-para-o-ensino-online-depois-que-a-crise-passar/> Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

WEINTROP, D.; WILENSKY, U. **To block or not to block, that is the question: Students' perceptions of blocks-based programming.** In: Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children. New York, NY, USA: ACM, 2015. (IDC '15), p. 199–208. ISBN 978-1-4503-3590-4. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2771839.2771860> Acesso em: 10/02/2023

WING, J. M. **Computational thinking.** Communications of the ACM, v. 49, n. 3, p. 33, 2006.

WING, J. M. **Computational Thinking: What and Why?.** Carnegie Mellon University - School of Computer Science, Pittsburgh, out- 2010. Disponível em: www.cs.cmu.edu/~CompThink/papers/TheLinkWing.pdf Acesso em: 20/07/2021

ZIGNAGO, R. **Robótica Educacional nas aulas de Matemática: Trabalhos colaborativos com alunos do 8º ano do Ensino Fundamental.** 2020. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020.

ZILIO, C. **Robótica Educacional no Ensino Fundamental I: Perspectivas e práticas voltadas para a aprendizagem da Matemática.** 2018. 53 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PLANEJAMENTO SIMPLIFICADO DO PROJETO REAR

E t a p a 1	Recrutamento dos alunos interessados em participar do projeto		
	Atividade	Descrição	Materiais
	Recrutamento 2h	- Divulgação da oficina de robótica e recrutar alunos interessados em participar. - Resposta aos questionários online	Questionários <i>online</i>

E t a p a 2	Planejamento Pedagógico			
	CH	Objetivos	Procedimentos	Materiais
	10 h/a	- Conhecer o Projeto Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos. - Estruturar a lógica de pensamento a partir de premissas obtendo, assim, conclusões. - Identificar um algoritmo no dia a dia. - Diferenciar entre os diferentes tipos de representação de algoritmos. - Aplicar algoritmos na resolução de problemas.	Realização de oficina teórico/prática com os estudantes	Computadores Datashow Simulador virtual Placas físicas e componentes: <i>leds</i> , LDR, ultrassônico, sensor de temperatura e umidade DHT11, sensor de radiação UV

		1 Led Semáforo - Construção de projetos simples em Arduino: Sensor LDR Sensor ultrassônico		
--	--	--	--	--

E t a p a 3	Aulas	Descrição	Materiais
	18 h/a	- Roda de conversa para identificar os problemas que a comunidade enfrenta ou enfrentará (podendo ser a comunidade escolar ou externa); - Selecionar os problemas que apresentam solução prototiváveis em Arduino e distribuir nos grupos;	-
		- Discussão e validação dos problemas identificados; - Constituição da situação problema; - Orientação do professor quanto a necessidade de realizar um planejamento para a formulação da solução; - Início da formulação da solução pelas equipes;	-
		-Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema;	-
		-Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema;	-
		- Intervenção do professor com discussão com os grupos para colher <i>feedback</i> sobre o processo de formulação do protótipo;	-
		-Reunião dos Grupos para iniciarem a solução da situação problema;	-
		- Finalização dos projetos;	-
		- Apresentação dos projetos para a comunidade escolar	-
	Questionário	- Aplicação de questionário eletrônico com os alunos	-
	Entrevista	- Aplicação das entrevistas	-
	Fotografias e vídeos	- Organização das fotografias e vídeos	-
	Produções dos alunos	- Reunião dos documentos físicos e/ou digitais produzidos pelos alunos	-

E t a p a 4	Atividade	Descrição	Materiais
	Questionário	- Aplicação de questionário eletrônico com os alunos	Não se aplica
	Entrevista	- Aplicação das entrevistas	Não se aplica
	Fotografias e vídeos	- Organização das fotografias e vídeos	Não se aplica
	Produções dos alunos	- Reunião dos documentos físicos e/ou digitais produzidos pelos alunos	Não se aplica
	Pré-Análise	- Leitura dos dados produzidos - Transcrições das entrevistas e filmagens - Edição dos documentos - Seleção dos documentos - Elaboração de indicadores	Não se aplica
	Exploração do material	- Transformação e reunião em unidade de registros (codificação)	Não se aplica
	Tratamento	Tratamento dos resultados, inferência e a interpretação (categorização)	Não se aplica

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO INICIAL PARA OS ALUNOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO

IDENTIFICAÇÃO E ENDEREÇO

Nome: _____ Idade: _____
Série/Turno: _____ Residência: () Sede do Município () Zona Rural

ACESSO A INTERNET E EQUIPAMENTOS

- a) **Como faz para acessar a internet?**
 () Em casa com wifi próprio
 () Em casa com wifi compartilhado do vizinho
 () Uso wifi e dados móveis
 () Uso somente dados móveis
 () Não tenho internet em casa
 () Uso internet somente em locais público/escola
- b) **Quais equipamentos possui?**
 () Computador/notebook
 () Celular
 () Os dois
- c) **Quantas horas passa em média utilizando o celular?**
 () 2 horas
 () 3 horas
 () mais de 3 horas
- d) **Quais os principais aplicativos que utiliza no celular ou computador?**
- e) **Durante o período remoto teve dificuldade de se adaptar aos equipamentos e aplicativos (como meet, zoom, forms)?**
 () sim () não
- f) **Durante as atividades remotas, seus professores utilizaram alguma tecnologia para manter a comunicação? Descreva quais, caso tenham utilizado.**
- g) **A maioria dos seus amigos são virtuais?**
 () sim () não
- h) **O que vem na sua cabeça quando ouve a palavra “robótica”?**
- i) **Quais os problemas que existem na sua comunidade?**
- j) **Você já pensou na solução deles? Cite.**

MATEMÁTICA

- a) **Você gosta de Matemática?**
 () Sim () Não
- b) **Como são as suas aulas de Matemática?**
 () expositivas - o professor explica e você presta atenção ao que está sendo exposto
 () expositivas dialogada - o professor e os estudantes dialogam sobre o que está sendo exposto
 () colaborativas - você discute com seus colegas e o professor, para compreender e/ou construir algo em conjunto
- c) **Indique a sua satisfação com as aulas de Matemática?**
 (Nem um pouco satisfeito) 1 a 10 (Totalmente satisfeito)
- d) **Você considera a Matemática importante para a nossa sociedade?**

() Sim () Não

Por quê? _____

e) Você utiliza a Matemática em que durante o seu dia a dia? [Marque todas as alternativas que se aplicam]

() ao fazer compras

() ao organizar/planejar os afazeres diários

() ao preparar ou ajudar na preparação de alguma refeição

() nas aulas de matemática

() em brincadeiras

() ao navegar na internet

() durante viagens

() não utilizo a matemática

e) Na sua opinião, as tecnologias digitais que utilizamos dependem da Matemática?

() Sim () Não

TECNOLOGIAS DIGITAIS, AUTOMAÇÃO E OS DIAS ATUAIS

a) Você acredita que o desenvolvimento das máquinas autônomas tem associação com alguma área do conhecimento ou disciplina?

() Sim () Não

- Em caso afirmativo, descreva. _____

b) Você gosta das tecnologias?

() Sim () Não

- Por quê? _____

c) Essas tecnologias podem ajudar a solucionar os problemas que temos na nossa sociedade, digo, aqui em Murici?

() Sim () Não

Como? _____

d) Você acha que a Matemática ensinada na escola, pode ajudar a resolver esses problemas?

() Sim () Não

Justifique. _____

e) A Matemática é importante para o desenvolvimento de tecnologias e soluções para os nossos problemas?

() Sim () Não

Justifique. _____

f) Você sabe como funciona um robô?

() Sim () Não

Ele pensa sozinho?() Sim () Não

PARTICIPAÇÃO NO PROJETO

a) Por que quero participar do projeto?

b) Qual a sua expectativa em participar das oficinas?

(Baixa) 1 a 10 (Alta)

c) Deseja falar algo que não foi proposto no questionário? Em caso afirmativo, descreva.

d) Indique o grau de satisfação em responder o questionário.

(Nem um pouco satisfeito) 1 a 10 (Totalmente satisfeito)

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL PARA OS ALUNOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO

1) RELACIONAMENTO COM AS ATIVIDADES DA PESQUISA

- a) **Qual o seu nível de satisfação com o projeto entre 1 e 10?**
(Nem um pouco satisfeito) 1 a 10 (Totalmente satisfeito)
- b) **Em relação ao conteúdo programático, está satisfeito com o que foi programado?**
(Nem um pouco satisfeito) 1 a 10 (Totalmente satisfeito)
- c) **Em relação ao aprendizado durante o projeto?**
(ainda continuo sem compreender) 1 a 10 (conseguir aprender bastante)
- d) **Qual a nota que você daria para o curso considerando o período para realização das atividades, espaço e o tempo das aulas?**
(ruim) 1 a 10 (excelente)
- e) **Onde você aprendeu a operar computador?**
☐ Em casa
☐ Nas aulas de robótica
☐ Com amigos
☐ Outros _____
- f) **O projeto atendeu às suas expectativas?**
☐ Não ☐ Sim ☐ Em partes
- g) **Como foi seu engajamento utilizando tecnologias para identificar problemas e propor soluções?**
(Baixo engajamento) 1 a 10 (Alto engajamento)
- h) **Como foi o engajamento do grupo utilizando tecnologias para identificar problemas e propor soluções?**
(Baixo engajamento) 1 a 10 (Alto engajamento)
- i) **Descreva abaixo qual a maior dificuldade e o que mais agradou durante as atividades do projeto.**

2) EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES

- a) **Você conseguiu executar todas as atividades propostas?**
☐ Sim ☐ Não
- b) **O que motivou você a ir às aulas de robótica?**
☐ Curiosidade
☐ Desafios
☐ Tecnologias
☐ Conhecimento
☐ Outra
- h) **Tem interesse em continuar estudando programação e robótica?**
☐ Sim ☐ Não

3) CONCEITOS MATEMÁTICOS MOBILIZADOS

- a) **A Matemática colaborou para a execução do seu projeto?**
☐ Sim ☐ Não
- b) **Você precisou recorrer a algum conceito matemático para resolver o problema?**
☐ Sim ☐ Não

Em caso afirmativo, descreva.

4) DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL**a) De que forma o problema identificado foi resolvido?**

- ☐ Em grupo
☐ Apenas um
☐ Outra maneira. Especifique _____

b) É possível representar por meio de esquemas?

- ☐ Sim ☐ Não

c) Indique todos os passos da solução do problema identificado? Ou seja, um algoritmo.**d) O grupo encontrou algum problema semelhante na internet?**

- ☐ Sim ☐ Não

d.1) Se encontrou, a solução ajudou?

- ☐ Sim ☐ Não ☐ Em partes.

Em caso afirmativo, especifique: _____

e) Foi necessário decompor o problema em problemas menores para resolvê-los separadamente?

- ☐ Sim ☐ Não

APÊNDICE D – DIÁRIO DE BORDO

OBSERVAÇÃO POR ETAPA

1ª ETAPA – Recrutamento dos (as) Alunos (as)

- 1) O recrutamento seguiu o determinado? Descreva.
- 2) Quais os pontos relevantes na seleção dos alunos?
- 3) Qual foi a percepção dos alunos sobre as tecnologias?
- 4) Os alunos demonstraram conhecer a robótica?
- 5) Os alunos relacionaram a robótica com a Matemática?

2ª ETAPA – Oficina de programação básica

- 1) Os alunos demonstraram interesse durante as atividades?
- 2) Os alunos associaram o conteúdo visto na oficina com a Matemática? Quais?
- 3) Os alunos conseguiram prototipar utilizando o simulador especificado?
- 4) Os alunos tiveram dificuldade com os conceitos básicos de programação?
- 5) Em que momento a Matemática foi associada à programação?
- 6) É possível incrementar as propostas para ensinar Matemática?

3ª ETAPA – Identificação/solução de problemas

- 1) Os problemas apresentados pelos alunos foram relevantes? Descreva.
- 2) Os alunos conseguiram trabalhar em grupo?
- 3) Os alunos se sentiram engajados com a proposta?
- 4) Quais as possibilidades do uso da Matemática para ensinar robótica e vice-versa?
- 5) Os problemas apresentados pelos alunos eram viáveis para formular soluções utilizando o Arduino?
- 6) Os alunos perceberam conceitos matemáticos durante as atividades? Esses conceitos emergiram naturalmente? O professor auxiliou associando a prática com algum conteúdo matemático?
- 7) Os alunos tiveram dificuldade em prototipar utilizando o Arduino? Qual a maior dificuldade identificada?
- 8) Que tópicos matemáticos o pesquisador identificou durante as atividades?
- 9) O tempo foi suficiente? O espaço foi adequado?
- 10) Além do Arduino, os alunos utilizaram outros instrumentos para auxiliar nas atividades (régua, calculadoras, celular, etc.)?
- 11) Os alunos utilizaram sucata para a construção dos seus projetos?
- 12) Como a Matemática foi apresentada e como a robótica poderia contribuir nas aulas na sala de aula?

OBSERVAÇÃO GERAL

Data: _____ Etapa: _____
Local: _____ Horário: _____

- 1) Descrever o fato (contextualizando a partir do início da aula)
- 2) Informar os participantes
- 3) O fato descrito mobilizou outros alunos (descreva)

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

APÊNDICE E – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA FINAL

- a) Se sentiu bem realizando as atividades do projeto?
- b) Teve muitas dificuldades durante as atividades? Qual a principal?
- c) O que você achou de mais interessante no projeto?
- d) Você conseguiu trabalhar em grupo? Se sentiu importante nas atividades?
- e) Qual foi a sua maior colaboração e o maior desafio?
- f) O que você percebeu de Matemática no projeto?
- g) Conseguiu enxergar a Matemática nas atividades de formulação/ identificação/ solução dos problemas?
- h) O que havia de Matemática no seu protótipo?
- i) Em qual momento a Matemática entrou ou foi importante no seu projeto?
 - () No início das atividades de programação
 - () Na identificação do problema
 - () Na formulação da solução e prototipação no Arduino
 - () Em outro momento. Explique: _____
- j) Preciso utilizar algum conceito Matemático no seu protótipo?
 - j.1) Você conseguiu entender melhor esses conceitos da Matemática através das atividades do projeto de robótica?
- k) Na sua opinião, é possível aprender Matemática através da robótica?
 - () Sim () Não
 - k.1) Explique: _____
- l) Qual foi o problema que o seu grupo identificou para resolver?
 - l.1) O protótipo desenvolvido em Arduino foi construído de primeira ou tiveram que realizar várias tentativas?
 - l.2) Houve erros durante o desenvolvimento do projeto? Como a equipe lidou com os erros?
 - l.3) Fale sobre a estratégia do grupo para resolver o problema.
- m) O seu protótipo tinha limitação? Qual?
- n) Qual foi a estratégia utilizada para a resolução de problemas? Informe todos os passos adotados pela equipe.
- o) Qual foi a sensação de apresentar o protótipo?
- p) Após as oficinas você mudou sua visão sobre as tecnologias? como?
- q) Na sua opinião, como as atividades poderiam ser melhores desenvolvidas?
- r) Em que partes o projeto foi positivo e quais foram as partes consideradas ruins?
- s) O que você aprendeu de Matemática durante as atividades do projeto?
- t) Qual foi a maior contribuição da Matemática para o seu projeto?
- u) Na sua opinião, é possível aprender Matemática através da robótica?
 - () Sim () Não
 - u.1) Explique: _____
- v) Na sua opinião, como as atividades poderiam ser melhores desenvolvidas?
- w) Qual a relevância do problema identificado pelo seu grupo? A solução é fácil de executar?
- x) Como você classificaria o trabalho em grupo para realização das atividades? (Péssimo) 1 a 10 (Ótimo)
- y) Você se sentiu engajada ao participar das atividades do projeto?
- z) O que foi mais desafiador?

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
CAMPUS FORTALEZA****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELAÇANDO COMUNIDADES: DA
INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS À CRIAÇÃO DE ARTEFATOS**

Francisco Vieira dos Santos, Maria Silvania Marques Xavier de Souza e Juscileide Braga de Castro (Orientadora)

Seu/sua filho/a ou menor sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

O mundo está em constante transformação. As tecnologias aceleraram essas mudanças e toda a sociedade e suas instituições foram afetadas. A Educação, por meio das escolas, tem buscado a inserção destas tecnologias, principalmente aquelas voltadas para o ensino. Com a pandemia da Covid-19 houve uma ampliação da necessidade e uso dos artefatos, digitais ou não, pela escola, tornou-se urgente que professores e alunos se apropriassem do ensino remoto emergencial. Ao mesmo tempo, a Educação teve limitações, principalmente na rede pública, nem todos os alunos tinham acesso a internet e até equipamentos para acessar, proporcionando defasagens na aprendizagem. Por este prisma, assume-se também que a defasagem já faz parte de um processo mais longo, isto é, os alunos já vinham apresentando baixa proficiência em avaliações externas, principalmente em Matemática. Por conseguinte, a Matemática é uma área que tem um tratamento especial, aqueles que conseguem aprender mais rápido são tidos como gênios, como privilegiados. Todavia, sabe-se que todos podem aprender e cabe aos sistemas de ensino proporcionarem situações de aprendizagem que possibilitem aos alunos oportunidades cognitivas. Neste aspecto, entende-se, de acordo com a BNCC, que é necessário que o ensino deve abarcar a realidade do aluno dando ênfase no consumo e produção de tecnologias. Cabe então dizer que é necessário que a escola esteja familiarizada com o uso desses artefatos e utilizá-los nos processos de ensino.

Aqui, é relevante dizer que alguns recursos podem contribuir para que paradigmas sejam desfeitos e que uma nova fase se inaugure. Dentre os tantos recursos para abordagens que envolvam tecnologias e ensino da Matemática, uma das alternativas existentes é a plataforma de prototipagem Arduino. Os alunos trabalharão conceitos de diversas Ciências, entre elas a Matemática, ao criarem soluções para problemas reais ou não. Portanto, esta pesquisa busca investigar as possibilidades didáticas do uso da plataforma Arduino no ensino da matemática na primeira série do Ensino Médio a partir de problemas reais identificados pelos alunos.

Procedimentos:

Para a efetivação da pesquisa alguns instrumentos de coleta de dados foram selecionados. Destarte, os participantes da investigação preencherão dois questionários, um inicial e outro final pelo Google Formulários (online), que leva em torno de 10 minutos cada um. Além da aplicação das questões, será realizada entrevista filmada com todos os envolvidos na pesquisa com duração média de 25 minutos em espaço adequado. Durante a realização das atividades que envolvem os processos de investigação serão realizadas filmagens para posterior transcrição e registros fotográficos. O pesquisador utilizar-se-á de anotações pessoais para complementar a coleta de dados. Os participantes das atividades que envolvem o projeto deverão estar matriculados em uma escola de ensino médio e cursando a 1ª Ensino Médio, ter disponibilidade semanal de 4 horas divididas em 2 dias (a definir) e se deslocar para o local escolhido. As atividades terão horário definido e fixo com média de 2 horas por dia, podendo haver encontros intercalados de dois em dois dias em um período de 5 semanas.

Desconfortos e riscos:

Partindo do pressuposto que toda pesquisa envolve algum tipo de risco, considera-se inicialmente a identificação dos participantes do projeto bem como todos os dados gerados dos questionários obtidos por meio virtual ou entrevistas e que apesar do uso de pseudônimos e assinatura de termos de cessão de imagem e som e cuidados durante a edição dos textos, imagens e vídeos os alunos podem ser expostos. Neste sentido, todas as informações serão utilizadas somente no âmbito de trabalhos científicos. O projeto também está baseado no uso da placa Arduino, sucatas, quando necessário, e ferro de solda (alumínio), então há risco de choques com baixa voltagem, cortes ou queimaduras leves, sendo sanados com o uso de equipamentos de segurança.

Benefícios:

A atividade principal da pesquisa é a utilização da robótica para fins pedagógicos, especificamente prototipagem em Arduino, logo diversos conceitos serão abordados como programação em C++, aprofundamento de conceitos matemáticos, desenvolvimento de competências e habilidades e socialização de saberes. Neste âmbito, o trabalho coletivo, protagonismo e autonomia serão evidenciados e melhorados à medida que os estudantes estudam os problemas e buscam a solução. Destaca-se também o contato com tecnologias não se restringindo ao uso, mas produzindo novas em um processo de investigação para mitigar ou suprimir problemas locais. O estudante também poderá continuar os estudos e descobrindo novas áreas para atuação profissional. Noutro ponto, haverá um retorno social,

já que problemas estarão sendo discutidos e as possíveis soluções formuladas, podendo, o protótipo passar a ser um produto final.

Acompanhamento e assistência:

Os alunos envolvidos na pesquisa terão reuniões semanais para o desenvolvimento dos protótipos e discussões. Os estudantes serão assistidos pelo pesquisador e, havendo necessidade, por um monitor que os auxiliarão no desenvolvimento das atividades propostas. As atividades desenvolvidas no Piauí acontecerão nas instalações da Associação Beneficente Raio de Esperança, com cadeiras, mesas, internet e computadores disponíveis.

Sigilo e privacidade:

O menor terá sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e indenização:

É garantido o ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa bem como de acompanhantes.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Francisco Vieira dos Santos, Av. Lira Portela, 159 - Centro, Piauí (86) 981353737/98508890, francisco_vyeyra@hotmail.com. Maria Silvania Marques Xavier de Souza, Rua Novo Oriente, 413, Marechal Rondon, Caucaia - Ceará, (65) 989280834, silvianamarquesx@gmail.com. Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs as 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante: _____

Contato telefônico (opcional): _____

e-mail (opcional): _____

(Assinatura do RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

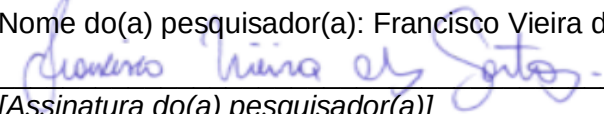
Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Reponsabilidade do Pesquisador:

Asseguo ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a): Francisco Vieira dos Santos



[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Nome do(a) pesquisador(a): Maria Silvania Marques Xavier de Souza



[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Nome do(a) orientador(a): Juscileide Braga de Castro

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

ANEXO B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO CEARÁ – CAMPUS FORTALEZA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E

DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELAÇANDO COMUNIDADES: DA INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS À CRIAÇÃO

Francisco Vieira dos Santos, Maria Silvania Marques Xavier de Souza e Juscileide Braga de Castro (Orientadora)

Nós, convidamos você a participar do estudo DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELAÇANDO COMUNIDADES: DA INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS À CRIAÇÃO DE ARTEFATOS. Informamos que seu pai/mãe ou responsável legal permitiu a sua participação. Este documento, chamado Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Pretendemos saber se o Pensamento Computacional pode ser considerado uma competência essencial para o Letramento Estatístico, através da criação de artefatos e integração de comunidades. Gostaríamos muito de contar com você, mas você não é obrigado a participar e não tem problema se desistir. Outras crianças e/ou adolescentes participantes desta pesquisa tem de 13 anos de idade a 17 anos de idade. Para isso, realizaremos um curso de Robótica, norteada pelas ideias da Educação Matemática Crítica, da decolonialidade e do Construcionismo, com abordagem da pesquisa qualitativa, com 12 estudantes, do Ensino Médio de duas escolas públicas, sendo uma localizada em Murici dos Portelas-Piauí e a outra Localizada no Parque Potira, Caucaia, Ceará. Durante o curso, pretende-se que os estudantes identifiquem problemas e realizem investigações que envolvam dados reais disponíveis em plataformas mediadas por algoritmos que utilizam Inteligência Artificial. Para isso, serão usados placas de microcontrolador Arduino, computadores, ferro de solda, a placa é considerada (a) segura (a), mas é possível ocorrer pequenos choques e queimaduras pequenas. Caso aconteça algo errado, você, seus pais ou responsáveis poderá(ão) nos procurar pelos contatos que estão no final do texto. A sua participação é importante, pois será trabalhada a programação e prototipação de soluções para problemas da comunidade além da discussão sobre IA, IoT, estatística, dados, informações e a

ocoloniedade. As suas informações ficarão sob sigilo, ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa serão publicados por meio de trabalhos científicos, mas sem identificar (dados pessoais, vídeos, imagens e áudios de gravações) dos participantes (crianças/adolescentes).

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa **DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELACANDO COMUNIDADES: DA INVESTIGAÇÃO DE PROBLEMAS À CRIAÇÃO DE ARTEFATOS**. Entendi as

coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva/chateado comigo. Os pesquisadores esclareceram minhas dúvidas e conversaram com os meus pais/responsável legal. Recebi uma cópia deste termo de assentimento, li e quero/concordo em participar da pesquisa/estudo.

_____, ____ de _____ de 2022.

Maria Silvania Moniques Xavier de Souza

Assinatura do (a) menor

Assinatura do pesquisador responsável

João Vitor da Silva

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura (Orientadora)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:	
Pesquisadores Responsáveis	Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde do Instituto Federal do Ceará

Francisco Vieira dos Santos, Av. Lira Portela,159-Centro, Piauí, 86 981353737, francisco_vyeyra@hotmail.com; Maria Silvania Marques Xavier de Souza, Rua Novo Oriente, 413, Marechal Rondon, Caucaia - Ceará, (65) 989280834 silvaniamarquesx@gmail.com; Juscileide Braga de Castro, Endereço: Rua Waldery Uchôa, 01 - Benfica, Fortaleza - CE, 60.020-110 E- mail juscileide@virtual.ufc.br Telefone: (85) 996994067	Secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs as 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410- 426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br
---	--

ANEXO C – TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

14



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
CAMPOS FORTALEZA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE RAIOS DE ESPERANÇA - ABRE

CNPJ: 28.324.839/0001-02

Rua Antônio Tomaz, sn – Centro - Murici dos Portelas – PI – CEP: 64.175-000

E-mail: abremurici@gmail.com

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

Eu, Geilson Antonio Souza Torres, presidente da Associação Beneficente Raios de Esperança - ABRE, autorizo a realização do projeto intitulado "Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos" pelos pesquisadores Juscileide Braga de Castro (Orientadora), Francisco Vieira dos Santos e Maria Silvana Marques Xavier de Souza, que envolverá a realização de oficinas, filmagens, fotografias, aplicação de questionários e entrevistas, e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

Associação Beneficente Raios de Esperança - ABRE está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos estudantes que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

Associação Beneficente
Raios de Esperança
CNPJ: 28.324.839/0001-02
Murici dos Portelas - PI

Murici dos Portelas-PI, 16 de Maio de 2022.

Geilson Antonio Souza Torres
Geilson Antonio Souza Torres
Presidente da ABRE



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
CAMPOS FORTALEZA**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

UNIDADE ESCOLAR DE ENS. MÉDIO OTÁVIO ESCÓRCIO GOMES
Cód. INEP: 22135995 CNPJ: 07.587.200/0001-31
 Rua Josina Amaral, sn – Centro - Murici dos Portelas PI – CEP: 64.175-000
E-mail: oegmedio@gmail.com

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

Eu, Ivoneide Dutra de Araújo, diretora da Unidade Escolar de Ensino Médio Otávio Escórcio Gomes, autorizo a realização do projeto intitulado “Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos” pelos pesquisadores Juscileide Braga de Castro (Orientadora), Francisco Vieira dos Santos e Maria Silvania Marques Xavier de Souza, que envolverá a realização de oficinas, filmagens, fotografias, aplicação de questionários e entrevistas, e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

A Unidade Escolar de Ensino Médio Otávio Escórcio Gomes está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos estudantes que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

Murici dos Portelas-PI, 17 de maio de 2022.

Ivoneide Dutra Araújo
Ivoneide Dutra Araújo

Diretora Escolar

Ivoneide Dutra Araújo
 Portaria Nº 0655/2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
CAMPOS FORTALEZA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

COLÉGIO ESTADUAL LICEU DE CAUCAIA

CNPJ:06.088.113/0001-77

R ARAQUEM, S/N, PARQUE POTIRA, CAUCAIA, CEARÁ
CEP 61.648-370

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

Eu, JOSE OSSIAN RICARTE

diretor do Colégio Estadual Liceu de Caucaia, autorizo a realização do projeto intitulado "Decolonizando Tecnologias e entrelaçando comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos" pelos pesquisadores Juscileide Braga de Castro (Orientadora), Francisco Vieira dos Santos e Maria Sylvania Marques Xavier de Souza que envolverá a realização de oficinas, filmagens, fotografias, aplicação de questionários e entrevistas, e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

A Unidade Escolar Colégio Estadual Liceu de Caucaia está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos estudantes que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

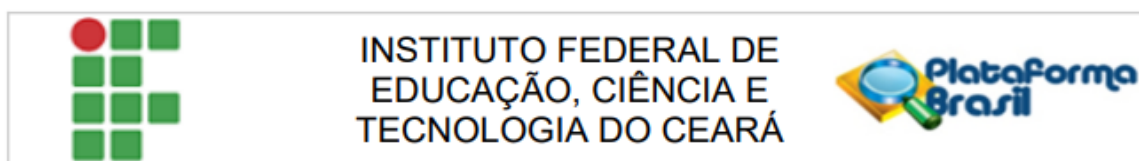
Caucaia - Ce, 16 de MAIO de 2022.

Jose Ossian Ricarte

Diretor Escolar

JOSE OSSIAN RICARTE
Diretor Escolar
DOE 009 de 20/05/2018

ANEXO E – PROJETO DECOLONIZANDO TECNOLOGIAS E ENTRELACANDO COMUNIDADES



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Decolonizando Tecnologias e Entrelaçando Comunidades: da investigação de problemas à criação de artefatos

Pesquisador: MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 61156222.6.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.766.476

Apresentação do Projeto:

Recomendações:

sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

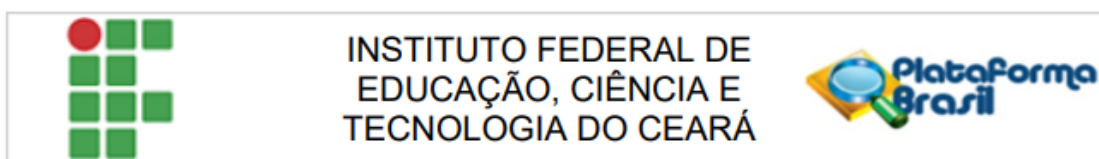
Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer consubstanciado de aprovação disponível na pasta (ou diretório) "Pareceres".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1981709.pdf	06/11/2022 22:17:51		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_V1_PDF.pdf	24/10/2022 02:06:27	FRANCISCO VIEIRA DOS SANTOS	Aceito
Outros	TALE_V1_PDF.pdf	24/10/2022 01:52:45	FRANCISCO VIEIRA DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	07/09/2022 00:04:14	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Cronograma	crono.pdf	07/09/2022 00:02:54	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	pro1.pdf	07/09/2022 00:01:55	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Outros	apresenta.pdf	19/07/2022 17:52:47	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Outros	regresso.pdf	19/07/2022 17:48:08	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Folha de Rosto	folha.pdf	18/07/2022	MARIA SILVANIA	Aceito



Continuação do Parecer: 5.766.476

Folha de Rosto	folha.pdf	09:23:55	MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Orçamento	orc.docx	18/07/2022 09:16:53	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	infraEstrutura.pdf	12/07/2022 00:34:21	MARIA SILVANIA MARQUES XAVIER DE SOUZA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 21 de Novembro de 2022

Assinado por:
Emmanuel Alves Carneiro
 (Coordenador(a))

ANEXO F – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ENTREGA DE CERTIFICADOS

ALUNOS CERTIFICADOS QUE TAMBÉM PARTICIPAVAM – TURMA DO PIAUÍ



ALUNOS CERTIFICADOS QUE TAMBÉM PARTICIPAVAM – TURMA DO CEARÁ

