UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

ÁREA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA
MATEMÁTICA E SEUS FUNDAMENTOS FILOSÓFICO-CIENTÍFICOS

O PENSAMENTO COMPUTACIONAL EM UMA DISCIPLINA ELETIVA DE ROBÓTICA

Ingrid Oara Lopes Ferreira

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO - SP
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Ingrid Oara Lopes Ferreira

O Pensamento Computacional em uma Disciplina Eletiva de Robótica

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi

Rio Claro - SP

2024

F383p

Ferreira, Ingrid Oara Lopes
O pensamento computacional em uma disciplina eletiva de robótica / Ingrid Oara Lopes Ferreira. -- Rio Claro, 2024
168 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Marcus Vinicius Maltempi

1. Pensamento Computacional. 2. Construcionismo. 3. Educação Matemática. 4. Educação Básica. 5. Robótica Educacional. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Ingrid Oara Lopes Ferreira

O Pensamento Computacional em uma Disciplina Eletiva de Robótica

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Matemática.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi - Orientador
IGCE/UNESP/Rio Claro-SP

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Mendes
UFDPAR/Parnaíba-PI

Profa. Dra. Rosane Rossato Binotto
UFFS/Chapecó-RS

Conceito: Aprovada

Rio Claro - SP, 27 de junho de 2024.

À Deus, sempre em primeiro lugar. Ao meu marido: Gleysson. Aos meus pais: Antonio e Antonia. Aos meus amigos e professores.

AGRADECIMENTO

"Porque dEle, e por Ele, e para Ele, são todas as coisas…" (Romanos 11). Faço minhas, as palavras do apóstolo Paulo na carta aos romanos, reconhecendo que Deus está acima de tudo. Inicio meu agradecimento, direcionando-me ao meu maior motivador, minha força e fonte de alegria, que me sustentou de todas as maneiras nesta jornada como mestranda. Deus cuidou de todos os detalhes e colocou em meu caminho as pessoas certas que contribuíram para que a pesquisa aqui apresentada pudesse ser concretizada, às quais passo a agradecer:

Ao meu marido Gleysson, a quem dedico esta dissertação, que desde sempre foi o meu maior incentivador, acreditou em mim, quando eu mesma não acreditava que conseguiria. Deus o usou para me motivar e dar todas as condições físicas e emocionais que podia. O título de mestre em Educação Matemática é uma conquista nossa, essa conquista é tão sua quanto minha. Obrigada por me amar de verdade. Eu te amo!

Aos meus pais e família em geral, que pacientemente entenderam minhas ausências e me compreenderam e apoiaram nas minhas escolhas. Agradeço pelo esforço e dedicação durante toda a vida para me proporcionar todas as oportunidades possíveis. Pai obrigada pelo seu trabalho duro e Mãe obrigada por acreditar em mim.

À minha sogra, Tania, e ao meu cunhado, Antonio Carlos, pelo apoio imprescindível e pela inspiração como profissionais docentes. Tania, sua dedicação e prestatividade foram fundamentais, especialmente suas valiosas orientações na escrita. Carlos, foi uma alegria compartilhar a jornada do mestrado com você, e espero que juntos possamos causar um impacto positivo em nossas áreas de atuação.

Ao meu orientador, Marcus Vinicius Maltempi, por confiar em meu trabalho, por me dar autonomia, por acreditar em minhas ideias e se doar para que elas pudessem ser realizadas. Agradeço, imensamente, por mergulhar comigo nesse tema de investigação e de termos construído uma linda trajetória de pesquisa sobre Pensamento Computacional e suas possibilidades na Educação Matemática. Meu desejo é que essa parceria dure por muitos anos! Muito obrigada!

Aos membros da banca, Professor Ricardo e Profa. Rosane, pelas contribuições, respeito e cuidado com meu trabalho. Vocês foram muito especiais nessa jornada. Além de docentes incríveis, estiveram presentes em algumas etapas importantes dessa grande jornada acadêmica. Sou muito grata!

A todos do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática pelas experiências vivenciadas nas disciplinas, jornadas, seminários e apoio aos eventos,

mesmo quando me ausentei presencialmente (por motivos de saúde) se mantiveram com as trocas e parcerias.

Aos professores: Heloisa, Ricardo Scucuglia, Marcos Teixeira, Rosa, Ana Paula Malheiros, Marcelo Borba e Lucas Mazzi agradeço a oportunidade de aprender com vocês através das disciplinas cursadas que contribuíram para a minha formação como professora e pesquisadora.

Ao DIEEM e GPIMEM pelo acolhimento, trocas de experiências, apoio e aprendizagens. É um prazer ter sido e ser membro desses grupos e juntos contribuirmos com a Educação Matemática.

A todos da Escola Estadual Professor João Batista Leme, pelo apoio, parceria, respeito e cuidado com a pesquisa. À Teresa, diretora da escola, obrigada por abrir as portas da escola. Ao Prof. Sérgio Barbosa, minha gratidão pela parceria, por disponibilizar suas aulas para que eu pudesse realizar a pesquisa de campo, pelos conselhos, ajuda, incentivos e, principalmente, pela amizade. Aos estudantes protagonistas desta pesquisa, muito obrigada pela participação. Vocês foram demais!

Aos amigos que ganhei no PPGEM: João Victor, Luciana Leal, Andrei Hartmann, Franciele Teixeira, Brena Sturion, Leticia Borges, Rogerio Batista, Rosana Binotto e Edinei Chagas, pela amizade, momentos de desabafos e incentivos durante o período de desenvolvimento da pesquisa de Mestrado. Bem como ao corpo técnico administrativo, em especial a Inajara, que deu suporte nos processos técnicos e documentais necessários durante a atuação com discente do programa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001. É difícil exprimir a importância desse fomento, sem o apoio das bolsas aos pesquisadores brasileiros não atingiríamos o nível de excelência em nossas formações, e por isso, eu sou grata por ter sido assistida.

E a todos que de alguma forma se conectaram a mim e me fizeram refletir trazendo contribuições para a minha formação enquanto Mestre em Educação Matemática: muito obrigada!

O único homem que está isento de erros é aquele que não arrisca acertar.

Albert Einstein

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo geral investigar o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental. A produção de dados foi realizada no contexto de uma disciplina eletiva do Ensino Fundamental Anos Finais de uma escola pública do estado de São Paulo. Delineamos a metodologia da disciplina com base na teoria Construcionista para observarmos manifestações do Pensamento Computacional durante a construção de protótipos de autoria própria dos estudantes. Nesta perspectiva, definimos a seguinte questão norteadora para a pesquisa: Como se manifesta o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais? Com o propósito de abordar esse questionamento e atingir o objetivo geral, definimos os seguintes objetivos específicos: 1) Analisar características relacionadas ao Pensamento Computacional que se evidenciam na interação dos estudantes no decorrer do processo de construção de um robô. 2) Identificar, a partir da perspectiva dos estudantes, a evolução no aprimoramento de habilidades vinculadas ao Pensamento Computacional diante dos desafios emergentes durante a elaboração de um projeto de sua escolha. 3) Compreender o desenvolvimento do Pensamento Computacional pelos estudantes ao longo das atividades estruturadas na perspectiva Construcionista. Esta pesquisa foi realizada com base na abordagem qualitativa e os dados foram produzidos a partir da observação participante associada às gravações de áudio, entrevistas presenciais e registros durante as construções dos robôs. O estudo teve a participação de 36 discentes pertencentes aos 8º e 9º anos da Escola Estadual Professor João Batista Leme, tendo sido selecionados 12 desses para a análise dos dados. Neste contexto, as categorias de análise que surgiram dos dados foram: a) Decomposição; b) Padrões e Abstrações; c) Algoritmo. Os resultados desta pesquisa revelaram a manifestação do Pensamento Computacional durante a elaboração de projetos robóticos, evidenciando características relacionadas aos seus quatro pilares. Durante o processo de construção dos robôs, foram evidenciados pelos estudantes habilidades do Pensamento Computacional por meio do enfrentamento de desafios específicos, elaborando estratégias de forma contextualizada e adaptada às necessidades e situações encontradas durante o desenvolvimento dos projetos. Adicionalmente, os dados permitiram reflexões acerca das potencialidades de um ambiente Construcionista, destacando o desenvolvimento dos estudantes na elaboração criativa de suas ideias e na expressão tangível de seus pensamentos através da programação e construção de um robô, concomitantemente ao desenvolvimento de habilidades associadas ao Pensamento Computacional. Por fim, esta pesquisa tem o potencial de contribuir com discussões pertinentes à Educação Matemática e de apresentar uma possível proposta para os professores do Ensino Fundamental e Médio, com uma abordagem que visa promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional e reflexão crítica sobre a formação dos indivíduos com habilidades alinhadas às demandas atuais.

Palavras-chave: Construcionismo. Educação Básica. Robótica Educacional.

ABSTRACT

This research aims to investigate Computational Thinking throughout the construction of robotic projects by students in the final years of Middle School. Data collection was carried out in the context of an elective subject in the final years of Middle School at a public school in São Paulo state. We outlined the course methodology based on constructionist theory to observe Computational Thinking manifestations during the students' prototype creation. From this perspective, we defined the following guiding question for the research: How does Computational Thinking manifest during the construction of robotic projects by students in the final years of Middle School? To address this question and achieve the main objective, we defined the following specific objectives: 1) to analyze characteristics related to Computational Thinking that are evident in student interactions during the process of building a robot; 2) to identify, from the students' perspectives, the evolution in the improvement of skills related to Computational Thinking when facing emerging challenges during the development of a project of their choice; and 3) to understand the development of Computational Thinking by students throughout the structured activities from a constructionist perspective. This research was conducted using a qualitative approach, and data were collected through participant observation combined with audio recordings, in-person interviews, and records during the construction of the robots. The study involved 36 students from the 8th and 9th grades at a school called Escola Estadual Professor João Batista Leme, with 12 of these students selected for data analysis. In this context, the categories of analysis that emerged from the data were: a) Decomposition; b) Patterns and Abstractions; c) Algorithm. The research results revealed the manifestation of Computational Thinking during the development of robotic projects, highlighting characteristics related to its four pillars. Throughout the robot-building process, students demonstrated Computational Thinking skills by addressing specific challenges, developing strategies in a contextualized manner, and adapting to the needs and situations encountered during project development. Additionally, the data allowed for reflections on the potential of a constructionist environment, highlighting the students' development in the creative elaboration of their ideas and the tangible expression of their thoughts through programming and constructing a robot, concomitantly developing skills associated with Computational Thinking. Finally, this research has the potential to contribute to relevant discussions in Mathematics Education and to present a possible proposal for Middle and High School teachers, with an approach aimed at promoting the development of Computational Thinking and critical reflection on the formation of individuals with skills aligned with current demands.

Keywords: Constructionism. Basic Education. Educational Robotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pilares do Pensamento Computacional 42
Figura 2: Etapas da Disciplina Eletiva 69
Figura 3: Dinâmica dos Barbantes 72
Figura 4: Robô Charlie 76
Figura 5: Robô Tricky 76
Figura 6: Teste do Robô Seguidor de Linha 77
Figura 7: Interface da Programação em Blocos 77
Figura 8: Interface da Programação em Python 78
Figura 9: HUB 78
Figura 10: Motor 79
Figura 11: Sensores Ultrassônico e Cor/Luz 80
Figura 12: Ciclo das Cinco Fases Analiticas da Pesquisa Qualitativa 81
Figura 13: Recorte da Fase Inicial de Codificação dos Dados 82
Figura 14: Recorte da Fase de Decomposição dos Dados em Temas 82
Figura 15: Fase de Categorização para a Análise dos Dados 84
Figura 16: Notícia que Iniciou a Discussão 89
Figura 17: Esteira LEGO EV3 91
Figura 18: Desenho do Protótipo Grupo A 95
Figura 19: Direção dos Motores 98
Figura 20: Relatório de Encontro 9 99
Figura 21: Representação dos Materiais por Cores 100
Figura 22: Relatório de Encontro 10 101
Figura 23: Esboço da Esteira 105
Figura 24: Programação da Esteira 111
Figura 25: Esteira em Fase Final 111
Figura 26: Primeiro Comando 113
Figura 27: Programação Corrigida 115
Figura 28: Desenvolvimento da Programação do Grupo B 124
Figura 29: Relatório do Encontro 11 126
Figura 30: Esboço do Tapete de Cores 127
Figura 31: Apresentação do Grupo B 128
Figura 32: Pesquisa na Internet sobre Lixo Hospitalar 132

Figura 33: Observação da Reação do Sensor na Programação 136
Figura 34: Tapete Simulador 138
Figura 35: Afundanço 139
Figura 36: Robô do Grupo C 139
Figura 37: Correção do Código 140

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Construcionismo x Instrucionismo. 37
Quadro 2: Conceitos Relacionados ao Pensamento Computacional. 42
Quadro 3: Manifestações de Decomposição nos Dados 43
Quadro 4: Manifestação de Padrões e Abstrações nos Dados 45
Quadro 5: Manifestação de Algoritmo nos Dados 47
Quadro 6: Cronograma das Atividades na Disciplina Eletiva de Robótica 67
Quadro 7: Distribuição dos Grupos na Disciplina Eletiva 68

LISTA DE SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular
CAPES - Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEB - Câmara de Educação Básica
CNE - Conselho Nacional de Educação
CSTA - Computer Science Teachers Association
DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais
DIEEM - Diálogos e Indagações sobre Escolas e Educação Matemática
EEPJBL - Escola Estadual Professor João Batista Leme
ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio
GPIMEM - Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática
INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IRA - Índice de Rendimento Acadêmico
ISTE - International Society for Technology in Education
MEC - Ministério da Educação
MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts
OBR - Olimpíada Brasileira de Robótica
PC - Pensamento Computacional
PIBID - Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PPGEM - Programa Pós-Graduação em Educação Matemática
PUCCAMP - Pontifícia Universidade Católica de Campinas
RE - Robótica Educacional
SBC - Sociedade Brasileira de Computação
TCC - Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TD - Tecnologia Digital
UFDPAR - Universidade Federal do Delta do Parnaíba
UFPI - Universidade Federal do Piauí
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
UVA - Universidade do Vale do Acaraú

SUMÁRIO

1 ANTES E DURANTE A CAMINHADA 17

1.1 Minha trajetória formativa 18

1.2 A proposta da pesquisa 26

1.3 Organização da dissertação 30

2 O PENSAMENTO COMPUTACIONAL E A EDUCAÇÃO BÁSICA 32

2.1 A Teoria Construcionista de Seymour Papert 32

2.2 O que é o Pensamento Computacional? 39

2.3 A Inserção do Pensamento Computacional na Educação Básica 50

3 CAMINHOS DA PESQUISA 58

3.1 As características qualitativas da pesquisa 58

3.2 Procedimentos metodológicos da pesquisa 60

3.3 Construindo o cenário da pesquisa de campo 62

3.4 Dinâmica dos Encontros 66

3.5 *Kit* de robótica LEGO Mindstorms 74

3.5.1 Os Robôs do Kit 51515 75

3.5.2 Linguagem de Programação 77

3.5.3 Componentes Eletrônicos 78

3.6 Organização e análise de dados 80

4 MANIFESTAÇÕES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL NA DISCIPLINA ELETIVA DE ROBÓTICA 86

4.1 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo A 87

4.2 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo B 115

4.3 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo C 129

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 143

REFERÊNCIAS 152

APÊNDICES 161

Apêndice A: Formulário on-line respondido pelos estudantes 161

Apêndice B: Modelo de relatório usado nos encontros 163

Apêndice C: Roteiro semi-estruturado das entrevistas 164

ANEXOS 165

Anexo A: TALE..... 165

Anexo B: TCLE 167

1 ANTES E DURANTE A CAMINHADA

> A educação é um processo social, é desenvolvimento. Não é a preparação para a vida, é a própria vida.
>
> (John Dewey)

Para iniciarmos esta conversa, inauguramos a trajetória desta investigação, cujo escopo, visa orientar indagações e compreender realidades do contexto investigativo, fundamentado na congruência das características do propósito desta pesquisa que será devidamente elucidado nos capítulos subsequentes com maior ênfase. A abordagem qualitativa adotada nesta pesquisa busca caracterizar o presente estudo como uma imersão na interação com a realidade, enriquecida pela teoria, na qual nossas perspectivas e posicionamentos são esclarecidos por meio das evidências apresentadas e compartilhadas pelos estudantes participantes neste estudo.

Como mencionado na epígrafe precedente, é essencial destacar que os processos educacionais que compõem nossa jornada não devem ser percebidos meramente como uma simples etapa preparatória para a vida futura. Pelo contrário, tais processos constituem, de fato, a própria vida em sua expressão mais genuína. Todos os acontecimentos que passam durante o percurso educacional não discorrem exclusivamente sobre questões relacionadas à leitura e cálculos matemáticos; muitas vezes, eles remetem a desafios mais fundamentais e abrangentes, demandando uma abordagem crítica e reflexiva para a formação de um indivíduo minimamente apto a enfrentar os desafios inerentes à existência.

Neste ponto de partida, oferecemos uma breve visão panorâmica das memórias e dos eventos que conduziram até esta etapa tão significativa de uma jornada acadêmica. Posteriormente, procederemos à exposição detalhada da proposta de pesquisa, seguida da apresentação da estrutura deste trabalho, com o propósito de oferecer uma direção clara para as fases subsequentes da investigação.

Antecipamos que as expressões subsequentes se destinam a desempenhar um papel orientador para cada leitor ao longo da presente dissertação. Desse modo, almejamos que as discussões desenvolvidas e as análises derivadas dos dados produzidos em campo, possam provocar novas reflexões e engendrar processos críticos, constituído como um compartilhamento que entrelaça conhecimento e experiência com outros indivíduos, enriquecendo, assim, nossa compreensão mútua e promovendo avanços no plano pessoal e acadêmico.

1.1 Minha trajetória formativa

Quero trazer à memória o que pode me dar esperança.
(Bíblia Sagrada - Lamentações 3:21)

Ao longo de três décadas de existência[1], uma convicção se solidificou em minha consciência: nada ocorre aleatoriamente em nossas vidas. Fundamentado nesse postulado, reconheço-me abençoada pelas diversas oportunidades que me foram concedidas permitindo-me vivenciar experiências, conferindo uma apreciação pela vida, impregnada de gratidão.

Minha trajetória configurou uma reviravolta significativa, sendo incontestável que, sem a direção de Deus e as oportunidades concedidas por meus pais, meu marido e os meus professores, minha presença neste contexto seria improvável. A educação desempenhou um papel de singular importância na mudança de uma perspectiva de mundo a que eu estava habituada. Embora com muita dificuldade, os meus pais se esforçaram para dar a mim e à minha irmã mais nova uma boa educação. No entanto, é necessário reconhecer que, ao enxergar a vida através de nossas próprias perspectivas, torna-se desafiador identificar que o investimento a longo prazo contribuirá com a conquista do que é essencial para as mudanças de nossas vidas.

Nesse percurso, um elemento distintivo emerge na forma das palavras proferidas por uma professora do colégio SESI em Parnaíba (PI), no qual consegui estudar com bolsa de estudo integral durante o Ensino Fundamental Anos Iniciais. Ao tomar conhecimento da minha situação desafiadora, me trouxe uma palavra de encorajamento: "Ingrid, se quer transformar sua vida e conquistar uma condição diferente, dedica-te aos estudos!" Com muito carinho, ela me incentivou a olhar com apreço os esforços que meus pais faziam para me dar condições de um futuro melhor. Este episódio se configura um importante ponto de inflexão em minha vida, foram as palavras daquela professora que me fizeram entender que eu precisava me esforçar para seguir um caminho diferente. Agradeço à professora Rosa pelo modo diligente com que conduzia suas aulas e como me acolheu, tê-la como professora foi um fator preponderante na alteração do curso de minha vida.

A imagem da professora Rosa evoca fortemente a figura do matemático Seymour

[1] Nos valeremos da primeira pessoa do singular apenas nesta seção que representa o memorando da pesquisadora.

Papert, pesquisador que tenho profunda admiração, caracterizando-se, apesar da atipicidade para a época, por um enfoque pedagógico inovador. Sua predileção por metodologias fundamentadas em projetos, maquetes e experimentações expositivas que se aproximavam de um ambiente de aprendizagem Construcionista. Essas experiências ressoam em minha memória, revelando-se uma fonte de aprendizado consolidado. Para a professora Rosa, o seu papel não consistia em transmitir conhecimento, mas nos desafiar de modo a acessar o conhecimento. Essa maneira de ministrar suas aulas, nos anos em que eu estive no SESI, se tornou fundamental para minha formação educacional, instigando minha curiosidade em aprender.

Outro aspecto crucial de minha formação no Ensino Fundamental reside na introdução ao universo computacional por meio dos jogos educativos protagonizados por Sesinho, personagem adotado pelo SESI, tanto para os jogos de computador quanto para as histórias em quadrinhos. Essa experiência foi determinante para o desenvolvimento da minha habilidade de leitura, escrita e raciocínio lógico. O contato inaugural com computadores no início dos anos 2000, aguçou minha curiosidade pela tecnologia, levando-me, na infância, a cogitar a possibilidade de seguir a engenharia mecatrônica, embora essa aspiração tenha sido posteriormente relegada por conta da realidade.

Após anos de bolsa de estudos no SESI, tive uma iniciativa destinada a aliviar os encargos financeiros de meu pai. A intenção era, ao término da 4ª série, obter uma bolsa de estudos no colégio Cobrão, instituição de destaque em minha cidade natal, Parnaíba (PI), no ano de 2005. O colégio Cobrão representou um marco significativo em minha trajetória, proporcionando-me preparação para o ingresso na educação superior. Tal contribuição tornou-se imprescindível diante da disparidade entre os sistemas de ensino público e privado, caracterizando uma competição desigual, na qual os discentes do setor público enfrentam muitas dificuldades, enquanto seus pares da esfera privada são treinados para obter êxito nas universidades.

Embora a abordagem pedagógica no colégio Cobrão tenha delineado uma mudança radical em meus estudos, assumindo uma natureza mais propedêutica, a metodologia de aprendizagem internalizada no SESI, permaneceu arraigada em meu ser. Assim, mesmo na ausência de incentivos diretos de docentes para uma aprendizagem cativante, busquei ativamente conferir tal caráter ao meu percurso educacional, uma atitude que se revelou singularmente benéfica.

Durante o período correspondente ao Ensino Médio, uma inquietação persistente ocupava meus pensamentos: a deliberação acerca do meu destino acadêmico e

profissional. Lamentavelmente, naquela conjuntura, minha perspectiva estava predominantemente circunscrita a considerações de natureza financeira. Apesar de almejar o ingresso em uma instituição de Ensino Superior pública, carecia de uma orientação clara e metas bem definidas. Minha única premissa consistia na busca por uma carreira lucrativa.

Minha determinação estava integralmente voltada para a área das ciências exatas, e essa era a única convicção que eu tinha. Na época, a Engenharia Civil parecia a resposta mais óbvia a tal questionamento. Ingenuamente, mal sabia que meu coração seria arrebatado pela vocação docente. Nesse contexto, dediquei-me incansavelmente aos estudos, ciente de que existiam duas vias de acesso às instituições de Ensino Superior públicas: os exames de seleção específicos de cada instituição e o temido Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Entre as tentativas empreendidas, obtive aprovação nos cursos de Engenharia Civil na Universidade do Vale do Acaraú (UVA) e Matemática na Universidade Federal do Piauí (UFPI), atualmente denominada Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAR). A escolha parecia evidente e a consequente efusiva alegria também. Todavia, ao compartilhar os resultados com meus pais, o entusiasmo foi abruptamente amortecido pela dura realidade. Tornou-se claro que eles não dispunham dos meios necessários para subsidiar essa empreitada, tornando inviável minha mudança para uma cidade desconhecida. Ao fazer uma reflexão concluí que se cursasse Matemática poderia dispensar algumas disciplinas no curso de engenharia civil, ou seja, mais tarde quando tivesse condições eu poderia cursar o que queria. Assim, teve início o meu envolvimento despropositado e apaixonado com a Matemática.

Naquela época, deparei-me com desafios imensos e, paradoxalmente, vivenciei um entusiasmo contagiante. Inicialmente, acreditava possuir um domínio considerável da Matemática, mas estava enganada. O curso demonstrou ser exigente desde os estágios iniciais, mesmo ao abordar as disciplinas que apresentam maior proximidade com o conteúdo matemático, estudado no Ensino Médio. No primeiro ano, enfrentei inúmeros desafios pessoais enquanto cursava o primeiro e o segundo período em 2012. Àquela altura tinha completado 18 anos e compreendi que já não era mais uma adolescente. Senti-me compelida a ajudar minha mãe, que ainda enfrentava dificuldades consideráveis após se separar do meu pai, portanto, ingressei no mundo do trabalho antes do que planejava.

Assim, a minha permanência na universidade se estendeu de 2012 a 2014, no

entanto, com as greves e as exigências pessoais e profissionais levaram-me a desistir da universidade. De forma irônica, meu primeiro emprego foi como professora em uma escola particular em 2012, onde permaneci por alguns anos, mesmo após interrupção nos estudos. Transitei por diferentes instituições educacionais após passagem no meu primeiro emprego, no qual experimentei uma contínua sensação de gratificação ao desempenhar o papel de educadora. Os diversos aprendizados construídos durante a prática docente contribuíram significativamente para a formação da minha identidade como educadora. Minha formação enquanto professora foi forjada na prática de minhas atividades, enriquecida pelas memórias dos meus próprios professores que me cativaram durante todo o percurso educacional. Embora reconheça o desafio de ingressar em uma profissão sem o suporte da teoria e da prática, é inegável a natureza memorável dessa trajetória na minha vida.

Em 2016 afastei-me do campo da educação, pois não vislumbrava perspectivas viáveis nessa área sem possuir um diploma. Dirigi-me, então, em busca de oportunidades de emprego no setor comercial. Parecia que havia relegado aquelas palavras da professora do Ensino Fundamental ao esquecimento. Durante três anos, busquei moldar uma nova identidade na área comercial, mas a saudade da sala de aula persistia. Entretanto, essa aspiração me parecia inatingível.

Foi assim que em 2017, já casada, Gleysson (marido) percebeu que mesmo trabalhando na empresa que tinha almejado outrora e com boas perspectivas de crescimento meu brilho nos olhos havia se perdido. Inquiriu-me, então: "Ingrid, você está vivendo a vida que sempre desejou? Está onde queria estar?". Reconheci que não via mais significado em minha ocupação atual. Então me perguntou: "O que você deseja fazer?". Manifestei meu desejo de voltar a estudar, e antes que colocasse qualquer obstáculo, Gleysson asseverou: "Você vai estudar! Não se preocupe, dou um jeito”.

Abandonar meu emprego e conceder ao meu marido a responsabilidade exclusiva de manter nosso lar pode parecer uma escolha simplista. Porém, para mim, a ousadia demonstrada por meu marido nesse momento se revelou como a expressão máxima de seu amor por mim. A partir deste ponto, iniciamos o meticuloso planejamento de minha despedida do mundo corporativo e meu retorno aos estudos.

Os professores do curso de Matemática provavelmente se lembraram do meu retorno à universidade, pois como que em um capricho irônico do destino, quando decidi pedir demissão, sofri um grave acidente de moto que me deixou inabilitada para caminhar por um período doloroso de seis meses. Mas, desistir do meu retorno à universidade em

2017? Jamais! Já que ainda estava com matrícula no curso, aproveitei o período de licença forçada como uma oportunidade única. Engajei-me de maneira especial nas aulas, e, no primeiro mês, sequer pude comparecer fisicamente. Fui agraciada com colegas solícitos que, em comum acordo com professores e a coordenação, traziam-me o material de estudo em visitas domiciliares.

Além disso, na universidade encontrei uma amiga especial, Jessiane, que me apoiou nos momentos difíceis, especialmente quando precisei de um empurrão para recuperar o ritmo dos estudos. Posteriormente, retornei às aulas, mas agora fazia uso de uma cadeira de rodas como minha aliada. Nessa jornada desafiadora, triunfei sobre duas disciplinas pendentes do terceiro período.

No mesmo período em que estava finalmente me despedindo do emprego fui agraciada com uma bolsa no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Embora a quantia concedida, não fosse expressiva, representava um recurso decisivo naquela fase. O PIBID representou uma das mais enriquecedoras experiências em minha trajetória. A despeito de já ter lecionado em instituições de ensino privadas, e ter apreciado a profissão através delas, foi no seio da educação pública que descobri minha verdadeira missão. Ali encontrei meu lugar no mundo, refletido nos olhares daqueles adolescentes do Ensino Fundamental e Médio. Ao contemplá-los, podia vislumbrar as mesmas angústias e inseguranças que experimentara em minha jornada como estudante.

Aqueles que atuam como professores na Educação Básica em escolas públicas compreenderão a analogia que faço a seguir: o Ensino Médio para alguns se assemelha a um corredor sombrio que conduz aos últimos suspiros dos sonhos. Recordo vividamente o momento em que indaguei aos estudantes do terceiro ano, na escola na qual executava as atividades do PIBID, sobre seus projetos para o futuro. A maioria revelou-se incerta ou almejava apenas encontrar um emprego qualquer e na pior das hipóteses almejava seguir a “vida da malandragem”. Ouvindo as vivências desses estudantes, fica evidente o quão complicado é se preocupar com fórmulas matemáticas abstratas, como aquela que relaciona os quadrados dos catetos ao quadrado da hipotenusa. Afinal, como dedicar energia a esses conceitos quando a vida deles está imersa em uma constante turbulência financeira e emocional?

Além dessas reflexões, foi por meio da minha participação no PIBID que também estabeleci um contato mais próximo com o professor Ricardo Mendes, docente do curso de graduação em Matemática da UFDPar. É digno de nota que, em um certo momento,

durante uma disciplina sobre Metodologia de Ensino de Matemática, ministrada por ele, experimentei um certo desconforto em relação às suas abordagens. Importa ressaltar que esse desconforto não deriva de aspectos pessoais, mas sim da provocação intelectual que suas perspectivas suscitaram. Esse encontro na referida disciplina, que antecedeu minha entrada no PIBID, me fez refletir sobre minha prática docente. De maneira inequívoca, esse momento evidenciou minha falta de compreensão sobre o potencial impacto de minha atuação pedagógica.

Posteriormente, durante minha participação no PIBID, pude efetivamente compreender, na prática, os ensinamentos que o professor Ricardo compartilhava em sala de aula. As constantes indagações, como "Por que isso?" ou "Por que aquilo?", e a insistente busca por sentido e significado de suas perguntas impulsionaram inúmeros debates que me conduziram a reflexões. Embora minha inclinação natural fosse em direção a abordagens mais práticas, esses questionamentos provocativos se mostraram essenciais para minha humanização como educadora.

Recordo-me de trazer ao professor Ricardo ideias de intervenções pedagógicas e testemunhar seu entusiasmo genuíno com tais propostas. Lembro-me também de sua disposição incansável em ajudar a esclarecer conceitos de outras disciplinas, garantindo que os estudantes do PIBID estivessem plenamente preparados para aproveitar todas as oportunidades oferecidas pelo programa. Vi-o muitas vezes exausto, mas recompensado pela profícua colaboração que desenvolvemos ao longo de dezoito meses.

Através do PIBID, também voltei a ter contato com a computação por meio da robótica, na interação com os estudantes da escola. Alguns estudantes haviam tido contato com a programação de robôs através de um projeto do governo estadual, no entanto, não prosperou. Mesmo assim, o breve contato despertou-lhes uma curiosidade fervorosa, a ponto de manifestarem interesse em participar da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), e assim fui com eles apreciar a minha primeira OBR.

Durante minha participação no evento, fui informada de que o professor Gildário, que leciona a disciplina física no curso de graduação em Matemática, era também proprietário de uma empresa voltada para a área de robótica educacional. Diante dessa descoberta, decidi abordá-lo com o intuito de obter apoio para a implementação de materiais relacionados à robótica no ambiente escolar. A convicção de que, assim como as oportunidades foram determinantes em meu percurso, eu deveria retribuir de forma similar aos demais.

Portanto, posso afirmar que o PIBID não apenas enriqueceu minha perspectiva

pedagógica, mas também atuou como um catalisador fundamental para minha exploração no universo da robótica, influenciando decisivamente minha trajetória como educadora e pesquisadora.

Ao término dos estágios obrigatórios, após a participação no PIBID no ano de 2020, fomos abruptamente confrontados por uma pandemia devastadora. Este período revelou-se singularmente desafiador. Mesmo rodeada de incertezas, dedicamo-nos, eu e Jessiane, na elaboração do nosso Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), sob a orientação do professor Ricardo. A concepção inicial do projeto envolvia a integração da robótica no processo de ensino de Matemática. Contudo, em virtude das circunstâncias impostas pela pandemia, essa proposição cedeu espaço para uma pesquisa centrada no fenômeno do ensino remoto emergencial. Foram conduzidas entrevistas *on-line* com professores, culminando na elaboração de um trabalho que investigou essa experiência a partir da perspectiva dos docentes de Matemática atuantes na rede pública de ensino.

Em fevereiro de 2021, finalizei minha jornada acadêmica na graduação ao defender com sucesso o TCC, o que me provocou alegria e realização. Finalmente, a tão esperada cerimônia de formatura estava se aproximando, e estava apta a celebrar essa conquista com serenidade. Lembro-me vividamente do instante em que compartilhei a notícia com meus pais: "Pai, mãe, estou me formando!".

Após a conclusão da minha graduação, obtive êxito no processo seletivo realizado pelo município de Parnaíba (PI). Dessa maneira, iniciei a minha trajetória profissional, demonstrando significativa dedicação na Escola Municipal Clovis Salgado. Nesse ambiente de trabalho tive uma recepção calorosa e acolhedora estabelecendo relações harmoniosas com meus colegas, a equipe gestora, os colaboradores da escola e as secretarias. Sobretudo, mesmo em meio às complexidades do ensino remoto emergencial, mantive uma conexão genuína com meus alunos. Quando finalmente tive a oportunidade de conhecê-los pessoalmente, experimentei uma sensação de realização.

Estabelecida na escola, lembrava-me de conversas com o estimado professor Ricardo sobre a possibilidade de empreender um percurso rumo ao mestrado. Além disso, um dos novos termos apresentados na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) despertou em mim um desejo de conhecer mais sobre o Pensamento Computacional (PC). Quando comecei a explorar esse conceito, percebi que o termo PC não estava necessariamente ligado à forma como um computador "pensa" ou que pressupõe a necessidade de um computador. Pelo que pude entender, desde a sua origem, o objetivo principal sempre foi o mesmo: ajudar desenvolver estratégias mentais para resolver

problemas. Sendo assim, tendo a consciência de que a minha capacidade de modificar o mundo era limitada, almejava, contudo, influenciar positivamente os contextos aos quais estava ligada. Foi assim que minha determinação de fazer um mestrado se fortaleceu, queria saber mais sobre a Matemática, Educação Matemática e o Pensamento Computacional.

No ano de 2021, submeti-me a cinco processos seletivos para cursos de mestrado e obtive aprovação em dois programas. Eu havia conseguido entrar no tão ansiado Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM), em Rio Claro (SP) e com o tão sonhado orientador que foi o mesmo do meu professor Ricardo, o professor Marcus Vinicius Maltempi, no qual tenho grande estima por sua incrível humanidade. Quando vi que tinha conseguido, fiquei extremamente entusiasmada.

Com o intuito de não me privar da participação plena das atividades do programa de mestrado, meu esposo assumiu o compromisso de financiar essa empreitada, enquanto não obtinha uma bolsa de estudos. Este espaço é muito pequeno para expimir minha gratidão por sua generosidade, seu apoio incondicional foi essencial para que eu pudesse vivenciar uma das experiências mais extraordinárias em minha vida. Quero expressar meu amor incondicional a você, Gleysson. Você jamais deixou de acreditar e de me apoiar nos meus sonhos.

Minha aventura em Rio Claro, foi um encanto, clima e pessoas diferentes, tudo foi completamente empolgante. Aprendi tanto com meus colegas de mestrado e fiz amizades preciosas, como João, Andrei, Brena, Franciele, Luciana, Rogério, Rosane e tantos outros que me cativaram. Encontrei até mesmo professores que conhecia de páginas de livros e artigos inspiradores, sem nunca imaginar conhecê-los pessoalmente: Marcus Maltempi, Maria Bicudo, Ana Paula Malheiros, Ricardo Scucuglia, Marcelo Borba e o incrível George Gadanidis, grandes mestres da Educação Matemática.

As disciplinas do curso de mestrado, são tesouros que guardarei para sempre em minha memória e, principalmente, para a prática na minha carreira. As discussões nos grupos de pesquisa, os seminários e todas as jornadas foram verdadeiramente incríveis para mim, enriquecendo minha trajetória na pós-graduação de forma única. Não posso esquecer da incrível parceria com o professor Sérgio Barbosa e seus alunos, os grandes protagonistas desta pesquisa. Eles me receberam de braços abertos, mostrando seus aprendizados, sou muito grata pela paciência e participação.

Aproveitando a presente oportunidade, almejo empreender uma reflexão de cunho pessoal. No transcorrer de nossas vidas, notadamente durante a busca pela realização

de nossos anseios, deparamo-nos com um percurso desafiador. Todavia, é justamente por esses desafios que nos fortalecemos a cada passo dado. É imperativo reconhecer que, desprovido das oportunidades e do respaldo oferecido por algumas pessoas em minha existência, minha jornada teria seguido uma trajetória diferente. E além disso, gostaria de enfatizar que a fonte primordial de minha resiliência repousa na fé inabalável no Senhor Jesus Cristo, que foi e sempre será meu alicerce. Sem Ele, eu não teria condições de enfrentar as adversidades com firmeza e aproveitar as oportunidades que se apresentaram em meu caminho. Ebenézer!

Na próxima seção, falaremos sobre a proposta da pesquisa, seus objetivos e alguns teóricos que nos acompanharão nessa jornada.

1.2 A proposta da pesquisa

A estrutura da instituição educacional contemporânea apresenta disparidades significativas em relação àquela frequentada pela maioria dos indivíduos nascidos no século XX. Num lapso temporal de duas décadas, ocorreram mudanças em uma velocidade que se fossem em épocas precedentes, demandaria cinquenta anos ou mais para se estabelecer. Sendo assim, neste atual cenário se faz pertinente uma reflexão, ultrapassando as questões superficiais do passado, no intuito de compreender como é possível conceber práticas educacionais de grande impacto, explorando as vastas potencialidades inerentes às novas tecnologias digitais (Papert, 2004; Valente; Freire; Arantes, 2018).

Neste cenário, a educação depara-se com desafios substanciais ao procurar preparar os discentes para um ambiente cada vez mais permeado pelas tecnologias digitais. Em uma tentativa de abordar esses desafios, a BNCC (Brasil, 2018), apresenta um novo conceito: Pensamento Computacional (PC). Para Brackmann (2017, p.29)

> O Pensamento Computacional é uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação, nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, através de passos claros, de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente.

O PC é destacado pela BNCC como uma competência crucial ao jovem da era digital, reconhecida como uma habilidade essencial que capacita os indivíduos a enfrentarem problemas complexos e a tomarem decisões (Blikstein, 2008; Wing, 2014). Portanto, torna-se crucial entender as maneiras pelas quais os princípios do PC se manifestam em atividades para o seu desenvolvimento. Isso inclui, por exemplo,

atividades relacionadas à robótica. Essa compreensão é fundamental para enriquecer a análise das estratégias empregadas no processo do desenvolvimento do PC.

A partir de inquietações relacionadas às menções anteriores, após admissão no programa de mestrado no primeiro semestre de 2022, participamos de disciplinas acadêmicas relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. Dentre essas disciplinas, destacamos a experiência enriquecedora em "Pensamento Computacional na Educação Matemática", a qual foi ministrada pelo professor e orientador desta pesquisa, o estimado Marcus Vinicius Maltempi. Esta experiência ocorreu concomitantemente com os primeiros passos do projeto de pesquisa que deu origem a esta dissertação, ocorrendo de maneira orgânica e sinérgica.

Durante essa disciplina, estabelecemos contatos fundamentais para o início das investigações em possíveis cenários educacionais. Um desses cenários de interesse foi a Escola Estadual Professor João Batista Leme, situada na cidade de Rio Claro (SP), onde uma das participantes da disciplina trabalhava. Na escola tivemos a oportunidade de interagir com o notável e admirável professor Sérgio Barbosa. Além do mais, os membros do corpo docente, gestores e funcionários dessa instituição de ensino foram calorosos, proporcionando uma experiência acolhedora e produtiva.

O contato com a escola aconteceu entre os meses de março a dezembro de 2022, tal oportunidade nos permitiu ter uma compreensão abrangente da complexidade da instituição, incluindo estrutura, horários, planejamentos, corpo discente, corpo docente, entre outros aspectos relevantes. Essas observações suscitaram reflexões, especialmente à luz dos textos acadêmicos que estava estudando durante a disciplina de PC.

Os textos de pesquisas abordando o tema, evidenciaram questões essenciais, como a principal delas centrada na investigação sobre o desenvolvimento do PC no contexto educacional (Valente, 2016; Mannila *et al*., 2014). Esses questionamentos levaram-nos a reflexões, especialmente no que diz respeito à avaliação desse desenvolvimento, bem como suas manifestações práticas. Isso direcionou a pesquisa para uma compreensão de “como” esse desenvolvimento se manifesta na prática.

Em obras como a de Valente (2016), é abordada a temática da incorporação do PC no contexto da Educação Básica, o autor expõe algumas abordagens para essa integração. Para fundamentar a relevância desta incorporação, se faz necessário explorar a literatura que remonta aos primórdios do PC. Nesse sentido, destaca-se a pesquisa seminal de Seymour Papert.

As contribuições de Papert (1985) desempenham um papel crucial na clarificação dos conceitos relacionados à interseção da educação e da computação. Ele formulou a teoria do Construcionismo, que desde então tem se firmado como um elemento fundamental no âmbito educacional. Adicionalmente, a abordagem de Papert foi pioneira na definição dos princípios que moldaram os estágios iniciais do PC, um conceito que posteriormente ganhou ampla notoriedade devido à disseminação e definição promovidas por Wing (2006).

Nesse contexto, a influência de Papert se torna evidente, visto que suas ideias permeiam o discurso sobre a inserção da computação de modo que os estudantes ensinem a máquina e não o contrário, refletindo um legado duradouro que continua a moldar a forma como encaramos a aprendizagem e as tecnologias digitais.

Diante dessas considerações e motivadas por indagações surgidas no âmbito da prática docente na Educação Básica, emerge a formulação de questionamentos e reflexões de cunho acadêmico. Estas indagações suscitam a necessidade de investigar aspectos relacionados ao PC e seu desenvolvimento na prática educacional. Especificamente, as questões que emergem são as seguintes: Quais são as características que definem o PC quando observado em contextos práticos? Quais são os aspectos tangíveis e observáveis durante atividades pedagógicas que se revelam promissoras para a promoção do desenvolvimento do PC? Como é possível avaliar o progresso e o desenvolvimento de um tipo de pensamento que, em sua natureza, é abstrato? Considerando o contexto de uma sala de aula com um número regular de estudantes, quais estratégias pedagógicas podem ser eficazes na promoção do PC? Em face das restrições de tempo impostas pelo ambiente escolar, quais são os espaços mais propícios para a integração prática do PC? Dessa forma, os delineamentos desta pesquisa evoluíram a partir de um extenso processo de reflexão, culminando na formulação da seguinte questão norteadora: Como se manifesta o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais?

Os procedimentos adotados para a condução desta pesquisa estão em consonância com as demandas trazidas pelo professor Sérgio, que também levantou questões cruciais, tais como a avaliação do desenvolvimento da habilidade do PC e a identificação de indicadores pertinentes. Como resposta a essas demandas e em conformidade com o escopo desta investigação, optamos por fundamentar nosso ambiente de pesquisa no Construcionismo. Nossa abordagem de pesquisa concentrou-

se, de forma central, na observação de como conceitos relacionados ao PC emergem ao longo do processo de criação de projetos robóticos no contexto da disciplina eletiva.

Com o propósito de abordar esse questionamento central, definimos os seguintes objetivos:

Objetivo Geral: Investigar o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

Objetivos Específicos:

- Analisar características relacionadas ao Pensamento Computacional que se evidenciam na interação dos estudantes no decorrer do processo de construção de um robô.
- Identificar, a partir da perspectiva dos estudantes, a evolução no aprimoramento de habilidades vinculadas ao Pensamento Computacional diante dos desafios emergentes durante a elaboração de um projeto de sua escolha.
- Compreender o desenvolvimento do Pensamento Computacional pelos estudantes ao longo das atividades estruturadas na perspectiva Construcionista.

Esta pesquisa, portanto, almeja contribuir para o campo das pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias digitais em sala de aula e as interações entre os atores estudantes e as tecnologias digitais, compreendendo a importância de se ter uma articulação para além do consumo. Dada a natureza dinâmica, situada e complexa da rotina escolar, é essencial compreender o contexto dos protagonistas deste estudo.

Direcionar pesquisas nesse sentido, representa um esforço intencional para repensar a Educação Matemática, enfatizando a aprendizagem sem um enfoque instrucionista, alinhando-se com os princípios do Construcionismo. Existem oportunidades oferecidas pela tecnologia para o desenvolvimento de uma educação contextualizada, na qual os estudantes se envolvam na construção de elementos que tenham significado para eles e, por meio desse processo, possam aplicar e compreender certos conhecimentos (Papert, 2008).

Além disso, esta pesquisa visa entender como o desenvolvimento do PC tem sido implementado, considerando as teorias sobre sua viabilidade na Educação Básica. Para alcançar esse entendimento, optamos por um ambiente naturalista com intervenções mínimas (Yin, 2016), apenas apresentando ao professor as alternativas que tornaram a disciplina eletiva de robótica uma opção viável para o desenvolvimento das habilidades associadas ao PC. Além disso, essa ênfase é relevante para compreender como, em um ambiente natural, os estudantes do Ensino Fundamental podem desenvolver as

habilidades mencionadas pela BNCC que se relacionam com o PC.

A realização deste estudo contribuiu significativamente para o crescimento pessoal, acadêmico e profissional da pesquisadora em todas as fases do projeto. A produção de dados no contexto escolar e a troca de experiências, bem como as discussões com o professor Sérgio Barbosa e os alunos, proporcionaram reflexões essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Além disso, esta experiência desempenhou um papel fundamental no aprimoramento da compreensão da pesquisadora iniciante, uma vez que a pesquisa representou uma busca por novos *insights*, perspectivas e soluções para as questões identificadas, e, consequentemente, influenciará nossos próximos passos na vida pessoal, profissional e acadêmica.

1.3 Organização da dissertação

No contexto desta pesquisa, as concepções intrínsecas às práticas da pesquisadora refletidas em suas ações, bem como os motivos que a instigaram a investigar o tema abordado neste trabalho, e a base teórica que sustentou a presente pesquisa, convergem para a aspiração de realizar uma análise que permita caracterizar as manifestações do PC em uma disciplina eletiva de robótica com estudantes do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental. Esses estudantes se envolveram na construção de artefatos robóticos por meio de projetos de sua autoria, utilizando *kits* de robótica em conjunto com a programação computacional.

Para melhor compreensão teórica e prática deste estudo, a dissertação foi estruturada em capítulos, os quais se apresentam da seguinte forma:

Capítulo 1: Neste capítulo rememoramos momentos cruciais de uma trajetória marcada por questionamentos e reflexões de cunho profissional e pessoal que culminaram na condução deste trabalho. Após essa contextualização, são delineados a questão de pesquisa, os objetivos geral e específicos e encaminhamentos que orientaram as ações da pesquisa. Apresentamos os fundamentos que motivaram a pesquisadora a engajar-se em uma investigação no âmbito da Educação Básica, que abarca a utilização de *kits* de robótica e linguagem de programação, Construcionismo, desenvolvimento do PC e Educação Matemática, estabelecendo características centrais que sustentam o arcabouço deste estudo.

Capítulo 2: Neste capítulo, uma discussão é conduzida sobre a relação entre o Construcionismo e o PC, considerando as diversas definições adotadas por teóricos ao

longo do tempo. A busca por uma definição de PC, conforme formulada por Wing (2006, 2008, 2010) e os pilares adotados por Brackmann (2017), dentre outros autores que serviram como referência nesta pesquisa, é explicitada. Ademais, são estabelecidos esclarecimentos sobre o entendimento acerca dos aspectos do PC. Além disso, neste capítulo exploramos a robótica e o PC como combinação de ações para fomentar o desenvolvimento de habilidades e elucidamos alguns pontos da inserção do Pensamento Computacional na Educação Básica brasileira.

Capítulo 3: Neste capítulo, são detalhados os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa de campo e produção dos dados. É delineado o processo de interação com a escola, a escolha do cenário de pesquisa, o cronograma e a utilização do *kit* de robótica LEGO Mindstorms 51515, nas atividades realizadas na escola. Por fim, apresentamos o processo de análise a partir da organização e categorização dos dados produzidos.

Capítulo 4: É nesta parte da dissertação que os dados produzidos são apresentados, analisados e discutidos à luz das concepções de PC organizadas e assimiladas com base nos autores mencionados na pesquisa como referências cruciais para a compreensão do desenvolvimento do PC, sempre com o olhar voltado para o contexto da disciplina eletiva de robótica.

Capítulo 5: O capítulo de Considerações Finais conclui a investigação, conectando os tópicos abordados ao longo do trabalho e fornecendo perspectivas para futuras pesquisas.

Após o Capítulo 5, são apresentadas as referências adotadas para dar suporte a argumentação desta pesquisa, bem como, anexos e apêndices, compilando todos os documentos oficiais e complementares que contribuíram para a construção desta dissertação.

2 O PENSAMENTO COMPUTACIONAL E A EDUCAÇÃO BÁSICA

> Você não pode ensinar às pessoas tudo o que elas precisam saber. O melhor que você pode fazer é posicioná-los onde elas podem encontrar o que elas precisam saber quando precisam saber.
>
> (Seymour Papert)

Entendemos que o Pensamento Computacional, objeto central desta dissertação, tem suas bases conceituais nas proposições de Papert (1985; 2008). Nesse sentido, mergulharemos na teoria do Construcionismo, proposta por Seymour Papert, a qual se deriva do construtivismo de Jean Piaget. Este aprofundamento se revela imprescindível para a compreensão das razões pelas quais consideramos os ambientes Construcionistas como propícios ao desenvolvimento do PC.

2.1 A Teoria Construcionista de Seymour Papert

Os primeiros estudos sobre o uso de programação no ensino de Matemática, por volta dos anos de 1960, indicaram a possibilidade de uma interação humano-computador que fosse distinta dos métodos instrucionais convencionais. Quando Papert (1985) apresentou uma abordagem diferenciada à época, foi considerada utópica, contudo, as pesquisas iniciais sobre ambientes Construcionistas de aprendizagem mostraram resultados promissores. É importante ressaltar que as ideias de Papert representam uma mudança de paradigma educacional em relação ao uso do computador como recurso de ensino.

E o que seria o "Construcionismo"? Esse termo foi concebido por Seymour Papert, fundamentado no construtivismo de Jean Piaget. Embora tenhamos perspectivas importantes de pesquisadores como Valente (1998) e Maltempi (2000, 2004), é pelas próprias palavras de Papert (1990, p. 3) que teremos uma verdadeira noção do conceito de Construcionismo:

> Entendemos "Construcionismo", como, incluindo, mas indo além, ao que Piaget chamaria de "construtivismo". A palavra com o 'v' expressa a teoria de que o conhecimento é construído pelo aluno, sem auxílio do professor. A palavra com o 'n' exprime a ideia mais adequada, que isso acontece, principalmente, quando o aluno está envolvido na construção de algo externo/concreto [...] um castelo de areia, uma máquina, um programa de computador, um livro.

O conceito produzido por Papert revela que o Construcionismo se trata de uma adaptação da teoria de Piaget, sendo considerada por ele como uma evolução ou avanço da epistemologia genética de Piaget.

Para Maltempi (2000), o Construcionismo não apenas se apresenta como uma teoria, mas também se configura como uma estratégia de aprendizagem dentro do contexto do processo educativo. Essa abordagem compartilha com a perspectiva de Piaget à concepção de que o desenvolvimento cognitivo é um processo ativo de construção e reconstrução das estruturas mentais, no qual o conhecimento não pode ser meramente transmitido do professor para o aluno (Maltempi, 2000). Nesse contexto, o professor desempenha o papel de mediador, intervindo quando houver necessidade, dando suporte para avançar na construção do conhecimento em colaboração com o estudante.

Aprimorando os princípios construtivistas, essa participação ativa deve ocorrer quando o aprendiz está envolvido no processo de criação de algo significativo para ele, de forma prática e consciente. Além da ideia de aprendizado ativo de Piaget, o Construcionismo, como já mencionado, destaca que o aprendizado é mais envolvente quando o aprendiz se interessa, reflete e discute sobre o que está fazendo. Diferentemente da abordagem tradicional de disciplina nas escolas, Papert enfatiza que a afetividade é fundamental para a aprendizagem.

Além da teoria mencionada, Papert destacou a convicção no potencial transformador dos computadores e tecnologias associadas na sociedade, desviando-se da percepção predominante na época que os via primariamente como ferramentas para jogos, diversão, compras e operações bancárias (Papert, 1985). Ele propunha uma visão inovadora ao considerar o computador como uma máquina com potencial para fins educacionais, instigando reflexões sobre sua integração no ambiente escolar.

Essa perspectiva ganha relevância contemporânea ao observarmos alterações nas dinâmicas de trabalho, interação interpessoal, padrões de entretenimento e no acesso ao conhecimento, especialmente evidenciadas durante e após o isolamento social decorrente da pandemia da Covid-19. Concordando com Papert (1985), reconhecemos oportunidades para aprimorar o aprendizado com a presença das tecnologias em sala de aula. Um exemplo, é a aplicação da programação de computadores para criar gráficos interativos de frações no ensino de Matemática na Educação Básica. Essa abordagem proporciona um contato mais tangível com o conceito de frações, facilitando a assimilação das operações, como adição e subtração, promovendo uma educação envolvente.

Papert (1985) sustenta que o processo de aprendizado é impactado por aspectos emocionais, envolvendo situações relevantes que são experimentadas e assimiladas pelos estudantes, ou seja, se estabelecem modelos associados às próprias experiências que podem ser aplicadas em outros contextos de aprendizagem. Assim, a aprendizagem depende fundamentalmente da incorporação de novos conhecimentos ao arsenal de modelos mentais do indivíduo, o que nos leva a considerar que "o que o indivíduo pode aprender e como ele aprende isso depende dos modelos que têm disponíveis" (Papert, 1985, p. 13).

A utilização do computador, frente a assimilação, oferece uma oportunidade propícia para a consolidação de modelos intelectuais, que são representações mentais ou conceituais que os indivíduos desenvolvem para compreender e atribuir significado ao ambiente circundante (Papert, 1985). Essa capacidade decorre da versatilidade do computador, que pode assumir várias formas e desempenhar diversas funções, adaptando-se às necessidades pedagógicas. Papert (1985) enfatiza que o computador não deve ser utilizado para ensinar a criança; ao contrário, é a criança que deve ensinar o computador. Uma das atividades com potencial para isso é a programação, que implica na aquisição de proficiência em uma linguagem compreensível pelo computador, viabilizando a comunicação entre o usuário e a máquina, facilitando assim o processo de instrução (Papert, 1985).

Na interação entre humano e computador, ocorre uma transferência de significados que se desloca da ação de programação realizada pelo aprendiz para o programa em execução na interface digital, um processo potencialmente vinculado à construção de robôs, integrando a execução como componentes tangíveis e manipuláveis à experiência. Segundo Papert (1985) a contribuição do computador se manifesta de maneiras distintas nesse cenário. Primeiramente, possibilita, ou mesmo obriga, a criança a externalizar expectativas intuitivas, tornando-as mais evidentes e suscetíveis à reflexão quando expressas em forma de programa. Em segundo lugar, as ideias computacionais podem ser utilizadas como materiais para a remodelagem do conhecimento intuitivo. Essas considerações foram validadas por determinados episódios observados no decurso desta investigação, nos quais os estudantes engajaram-se em interações com computadores. Nesse contexto, destaca-se como uma experiência significativa a observação dos conflitos emergentes na tentativa de concretizar concepções por meio do processo de programação.

Quando o estudante elabora um programa, pode emergir uma sensação de

controle sobre o dispositivo computacional, permitindo a elaboração e revisão contínua neste cenário, além de cultivar uma compreensão de conceitos fundamentais nas áreas da ciência e matemática, que podem culminar na construção de modelos intelectuais. Dizer que estruturas intelectuais são construídas pelo estudante ao invés de ensinadas, não significa que elas sejam construídas do nada. Pelo contrário, como qualquer construtor, a criança se apropria para seu próprio uso, de materiais que ela encontra e, mais significativamente, em modelos e metáforas sugeridas pela cultura que a rodeia (Papert, 1985).

Conforme delineado por Maltempi (2012), o Construcionismo, em sua essência, advoga pelo envolvimento ativo na construção de conhecimento, promovendo uma aprendizagem concebida como um resultado da experiência direta e da apreciação das atividades realizadas. Tal envolvimento, impulsiona o estudante a demonstrar interesse no pensamento crítico e na discussão do tema em consideração. Este enfoque não apenas atribui valor às construções concebidas pelos estudantes, mas também enfatiza, de maneira compartilhada, suas percepções sociais e emocionais ao longo dos processos de construção, reconhecendo que tais aspectos são implicitamente incorporados às suas produções.

Outro ponto enfatizado por Papert (1985; 2008) está relacionado ao ensino escolar, no qual ele considerava fundamental que as crianças compreendessem a razão do que era ensinado na escola, tornando o aprendizado significativo, concreto e, consequentemente, efetivo. De acordo com o autor, a Matemática, por exemplo, muitas vezes era ensinada sem que o estudante entendesse o porquê de aprendê-la, sendo abordada de forma centrada na memorização e resultando em uma aprendizagem superficial. Em suas reflexões, Papert (1985) ilustra sua abordagem afirmando que, ao invés de sufocar a criatividade da criança, a solução era criar um ambiente intelectual menos dominado pelo critério de falso e verdadeiro, como é comum nas escolas. As crianças poderiam aprender Matemática e outras ciências em um ambiente onde o falso e verdadeiro, certo ou errado, não seriam os critérios decisivos (Papert, 1985).

Para promover ações práticas e envolventes, é essencial estabelecer um ambiente que aprecie a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem. Sob a perspectiva Construcionista, esses ambientes são frequentemente criados por meio de projetos, nos quais os próprios estudantes ou grupos (quando envolvidos) definem os objetivos e métodos para alcançar um produto específico. Maltempi (2012, p. 288) expõe que "a ideia é criar um ambiente no qual os aprendizes estejam conscientemente

engajados em construir um artefato público e de interesse pessoal". Para exemplificar, Papert (1985) apresentou cinco dimensões que apontam para um ambiente de aprendizagem Construcionista, cada uma com características fundamentais, conforme apontado por Maltempi (2012):

1. Na dimensão pragmática, os estudantes constroem algo concreto e utilizável imediatamente, gerando um produto tangível que pode ser mostrado, examinado, discutido e admirado. Esse *feedback* motiva os estudantes a se envolverem em projetos mais complexos e a adquirirem novos conhecimentos.

2. Na dimensão sintônica, os projetos têm um significado pessoal e emocionalmente poderoso para o estudante, que investe sua própria identidade no trabalho desenvolvido.

3. Na dimensão sintática, o acesso aos elementos básicos do ambiente de aprendizagem deve ser fácil e descomplicado. Os estudantes devem acessar os componentes necessários para construir seus projetos sem a necessidade de pré-requisitos, permitindo a criação de projetos mais complexos.

4. Na dimensão semântica, os estudantes manipulam elementos que têm significado para eles, afastando-se do foco excessivo no formalismo e no simbolismo, o que torna a aprendizagem significativa.

5. Na dimensão social, as atividades construídas pelos estudantes são integradas em suas relações culturais e pessoais. O ambiente Construcionista deve promover o uso de materiais que tenham valor cultural para os estudantes.

O papel central do professor como mediador no processo de aprendizagem é crucial para o desenvolvimento do ambiente Construcionista. Ao prover instrumentos e estabelecer uma estrutura propícia, o professor permite aos estudantes expandirem seus conhecimentos, integrando ao processo de aprendizagem as experiências e os interesses pessoais. Nesse contexto, quando o computador é utilizado como ferramenta educacional, os estudantes tornam-se produtores de tecnologia e protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem, desenvolvendo maior autonomia (Papert, 2008). O autor também destaca a importância da criação de "micromundos", ambientes interativos concebidos para envolver os estudantes em tarefas de construção e exploração do conhecimento, visando estimular a aprendizagem.

A abordagem com “micromundos” possibilita que os aprendizes participem ativamente no processo de aprendizado, experimentando suas próprias suposições, influenciando a realidade e criando soluções. Nesse contexto, a comparação entre novos

conhecimentos e o que foi aprendido anteriormente desempenha um papel crucial, permitindo ao aprendiz estabelecer conexões significativas entre conhecimentos existentes e novas construções.

Adicionalmente, Papert (1985) contrasta o Construcionismo com o instrucionismo. Enquanto o Construcionismo encara a aprendizagem como o ato de desenvolver habilidades com atividades práticas, como programação de computadores ou criação artística, o instrucionismo é caracterizado pela transmissão de informações pelo instrutor. Ao contrário do Construcionismo, no instrucionismo, o aprendiz não está envolvido na construção do conhecimento, mas na assimilação do que é determinado pelo instrutor.

O Quadro 1 delineia características distintivas dos dois conceitos, visando a apreciação do que mencionamos.

Quadro 1: Construcionismo x Instrucionismo.

Aspecto	**Construcionismo**	**Instrucionismo**
Pensamento	Encoraja o pensamento concreto	Pensamento abstrato podendo vir a ser concreto
Educação	Promove a educação formal e informal	Predominantemente focado na educação formal
Papel do Professor	O professor atua como mediador e colaborador	O professor desempenha um papel tradicional de fornecer instruções
Abordagem de Ensino	Utiliza micromundos como ambiente de aprendizado	Depende da instrução como abordagem principal
Processo de Aprendizado	Aprendizado ocorre por meio da criação	A aprendizagem ocorre principalmente por meio da recepção de informações
Interação com a Máquina	Estudantes passam instruções para o computador	Estudantes recebem instruções do computador

Fonte: Papert (1985).

As concepções do Construcionismo atribuem ao ambiente de programação Logo um papel significativo como uma expressão genuína dessa teoria. Sob a influência de Papert (1985), esse ambiente foi concebido como um software a ser instalado em computadores, oferecendo aos estudantes a capacidade de programar e explorar a construção de conhecimento de maneira orgânica.

A Geometria da Tartaruga, proposta por Papert (1985), destaca a capacidade da programação em desempenhar um papel relevante no ensino da Matemática. O programa, concebido como uma nova dimensão Matemática e paradigma computacional de geometria, alinha-se aos interesses intrínsecos das crianças, proporcionando um contexto lúdico para a aprendizagem.

> Na geometria da Tartaruga, o computador tem um uso completamente diferente. Aqui, o computador é usado como um meio de se expressar matematicamente, o que nos permite elaborar tópicos que as crianças aprendam facilmente e que sejam significativos e coerentes com seu interesse pessoal (Papert, 1985, p. 75).

O ambiente Logo, conforme descrito por Maltempi (2012), envolve a interação do aprendiz com uma tartaruga representada por um cursor na tela do computador. Através de comandos simples, baseados em conceitos de geometria, como "para frente 10" e "para direita 45", os estudantes estabelecem uma comunicação sistemática com o computador, visando conectar a atividade pessoal à criação de conhecimento formal. Este método, concebido para ser significativo para as crianças, busca promover uma conexão consistente entre a experiência pessoal e a construção do conhecimento.

Papert (1985) destaca a Geometria da Tartaruga como projetada para fazer sentido às crianças e facilitar o desenvolvimento da estratégia Matemática, enfatizando a importância de atribuir significado à aprendizagem. Além disso, um aspecto crucial da aprendizagem no ambiente Logo é a oportunidade de aprender com erros, por meio do processo de *debugging*, permitindo correções e repetições até que o programa funcione adequadamente.

Valente (2005) desenvolveu a descrição do processo de desenvolvimento do aprendiz durante a interação com o computador em atividades de programação, denominando-o como espiral de aprendizagem. A espiral compreende uma sequência de ações, incluindo descrição, execução, reflexão, depuração e subsequente descrição. Na espiral, o aprendiz apresenta um problema, descreve sua solução em termos computacionais, o computador executa a solução, e o aprendiz reflete sobre os resultados. Se satisfatórios, o aprendiz continua; se ocorrerem incongruências, inicia-se o processo de depuração para identificação e correção de erros (Maltempi, 2005).

A depuração proporciona uma valiosa oportunidade para os estudantes, quando eles enfrentam dificuldades ao resolverem um erro, não apenas o professor pode ajudar, mas também seus colegas que estão aprendendo. Cabe destacar que, ao refletir e analisar o erro, o estudante tem a oportunidade de “coordenar e construir novos

conhecimentos, contribuindo para que a aprendizagem cresça, pois a depuração leva a uma nova descrição [e análise], diferente da anterior, e assim por diante" (Maltempi, 2005, p. 6). Na filosofia da depuração, o erro é encarado como uma parte intrínseca e valiosa do processo de aprendizagem. O computador, nessa abordagem, destaca-se ao possibilitar a visualização e manipulação de estratégias de resolução de problemas, promovendo o desenvolvimento da capacidade reflexiva sobre o processo cognitivo e permitindo correções, contrastando com a perspectiva instrucionista que vê o computador apenas como uma ferramenta de ensino (Maltempi, 2012).

Discutidos os diversos elementos que envolvem o Construcionismo, torna-se evidente a identificação de paralelos significativos com os princípios inerentes ao PC. Embora as ideias pertinentes ao PC tenham sido previamente mencionadas por Papert (1985), o termo ganhou proeminência por meio do trabalho de Wing (2006). As concepções de Papert parecem ter exercido influência sobre os conceitos subsequentemente estabelecidos, notadamente aqueles divulgados pela referida autora e outros pesquisadores. A compreensão do que constitui o PC e suas conexões com as ideias abordadas serão explorada na seção seguinte.

2.2 O que é o Pensamento Computacional?

Com as rápidas transformações tecnológicas que caracterizam a contemporaneidade, juntamente com o advento das linguagens de programação, os computadores assumiram uma presença cada vez mais constante na vida cotidiana. A relevância significativa das tecnologias digitais na atualidade foi destacada por Seymour Papert em 1985, conforme mencionado na seção anterior. Através de sua obra seminal intitulada *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*, Seymour Papert é amplamente reconhecido como uma figura central no campo da educação que realizou uma exploração substancial da interseção entre a tecnologia e o processo de aprendizagem. Nessa obra ele afirma que é

> (...) descrito como um utópico educacional não porque eu tenha projetado um futuro de educação em que as crianças são cercadas por alta tecnologia, mas porque acredito que certos usos da tecnologia computacional e das ideias computacionais podem fornecer novas possibilidades às crianças (Papert, 1985, p. 17).

Não obstante as contribuições prévias do autor mencionado, somente a partir de 2006, o conceito de PC começou a receber uma considerável atenção, em virtude das

investigações conduzidas por Jeannette Wing (2006). O PC, conforme definido por Wing (2006), abrange a habilidade de resolução de problemas e a formulação de conceitos com base nos princípios fundamentais da ciência da computação. A autora atribui ao PC uma importância equiparável às habilidades básicas, como leitura, escrita e cálculo.

Mais tarde Wing (2010) acrescenta que sua definição de PC seria mais abrangente do que inicialmente sugerido. Aprimorando sua descrição como "processos cognitivos envolvidos na formulação de problemas e na busca de soluções de forma que possam ser representadas de maneira que seja eficazmente executada por um agente de processamento de informações" (Wing, 2010, p. 81). Além disso, a autora enfatiza que qualquer problema que possa ser resolvido através do processo de abstração, no qual se decide quais detalhes devem ser destacados e quais devem ser ignorados, pode ser caracterizado como um exercício para o desenvolvimento do PC. Ela defende que essas habilidades não devem ser limitadas aos estudantes de computação, mas sim, ampliadas de forma geral para diversos campos do conhecimento.

Posteriormente, Wing (2016) sustenta que o PC é intrínseco ao processo de abstração, o que requer a escolha consciente de habilidades para a resolução de problemas. Esses processos estão presentes em nosso cotidiano, muitas vezes sem que percebamos, ao realizar tarefas corriqueiras, como organizar a mochila que levávamos para a escola na infância, selecionar as melhores laranjas no mercado ou até mesmo na escolha do que iremos comer para nos manter saudáveis.

De acordo com Wing (2014, p. 26) "o Pensamento Computacional pode ser percebido como a automação da abstração e o ato de pensar de forma semelhante a um cientista da computação". Sendo assim, as características intrínsecas ao profissional da computação delineiam-se nas habilidades relacionadas ao PC, as quais se evidenciam nos processos mentais adotados para a formulação de problemas e na articulação eficaz de suas soluções. Tal dinâmica facilita a realização dessas atividades, seja por meio de sistemas computacionais ou por intervenção humana (Wing, 2014).

Diante da crescente popularização do termo “Pensamento Computacional” e do contínuo desenvolvimento de estudos, pesquisadores das áreas de ciência da computação e educação estão empenhados em compreender, definir e integrar o PC no contexto educacional. Para tal, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) e a *Computer Science Teachers Association* (CSTA) desempenharam um papel central, reunindo profissionais para promover a inserção do PC nos currículos da Educação Básica.

Os esforços resultaram na identificação de habilidades específicas, enfocando o processo de resolução de problemas, como coleta, análise e representação de dados, decomposição de problemas, abstração, algoritmos, automação, simulação e paralelização (CSTA; ISTE, 2011). Essa caracterização visa apoiar o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao PC, propondo ideias para implementar no ambiente escolar.

Grover e Pea (2013) sublinham a importância do PC no ensino fundamental, argumentando que é uma habilidade essencial para o desenvolvimento de competências digitais e habilidades de pensamento crítico nas crianças. Os autores enfatizam que o PC vai além da simples utilização de tecnologias digitais, englobando a capacidade de decompor problemas complexos em partes menores, usar algoritmos para resolver essas partes e integrar as soluções.

Além disso, Grover e Pea (2013) também discutem a necessidade de integrar o PC no currículo escolar, sugerindo que ele deve ser ensinado de maneira relevante e conectada à vida cotidiana dos estudantes. Para desenvolver o PC, são necessárias abordagens pedagógicas que valorizem e estimulem tanto as crianças quanto professores em sua implementação. Essa integração não apenas promove o engajamento e a compreensão dos alunos, mas também os prepara para um futuro cada vez mais digital e interconectado (Grover e Pea, 2013).

Segundo Valente (2016), atividades que incorporam a computação na Educação Básica, promovem um ambiente para o desenvolvimento do pensamento crítico e computacional permitindo que os estudantes, criem e compreendam as tecnologias digitais, em vez de serem apenas usuários delas, ao passo que se tornam os próprios produtores de seus conhecimentos e desenvolvam sua autonomia. A criação com tecnologias proporciona uma nova forma de aprendizado, permitindo que os estudantes sejam conscientes sobre o próprio pensamento e reflitam sobre o que estão consumindo.

Além disso, Barr e Stephenson (2011) enfatizam que, considerando a influência cada vez maior da computação na vida dos jovens, é promissor iniciar a inserção do PC já na Educação Básica, ampliando as oportunidades de desenvolvimento de soluções para problemas complexos e construção de conhecimento em diversas áreas. Os autores organizaram os principais aspectos computacionais (conceitos) em um modelo estruturado, cujo objetivo era facilitar o entendimento sobre o PC na Educação Básica. O Quadro 2, descreve cada um desses nove conceitos:

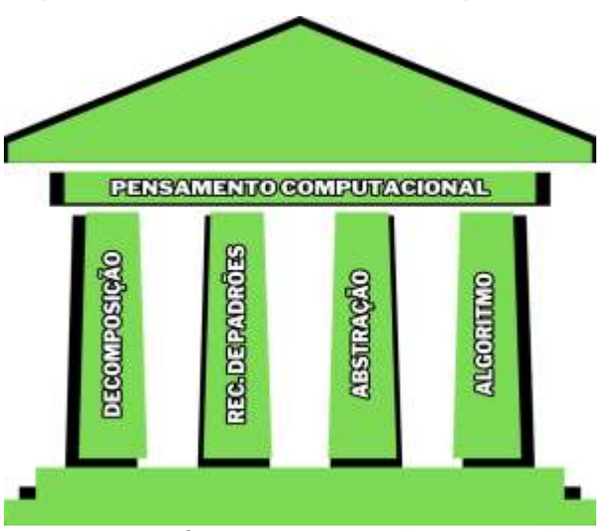
Quadro 2: Conceitos Relacionados ao Pensamento Computacional.

Conceitos do PC	**Associação a ciência da computação**
Coleta de Dados	Processo de coleta de dados ou informações sobre um problema
Análise de Dados	Dar sentido aos dados, encontrar padrões e tirar conclusões.
Representação de dados	Representar e organizar dados em gráficos, tabelas texto ou figuras
Abstração	Reduzir a complexidade para definir ideias principais
Automação	Usar computadores ou máquinas para realizar tarefas repetitivas
Algoritmo	Sequência de passos para resolução de um problema
Decomposição	Quebrar um problema em tarefas menores e gerenciáveis
Paralelização	Organizar recursos para realizar tarefas para alcançar um objetivo comum
Simulação	Envolve experimentos sendo executados usando modelos

Fonte: autoria própria com base em Barr e Stephenson (2011)

Diversas entidades, como por exemplo, Code.Org (2015) e BBC Learning (2015), em conjunto com pesquisadores renomados como Grover e Pea (2013), bem como Sentance e Csizmadia (2015), sistematizaram o PC em quatro pilares fundamentais, conforme representado na Figura 1 de acordo com Brackmann (2017).

Figura 1: Pilares do Pensamento Computacional



Fonte: Acervo próprio baseado em Brackmann (2017)

Os pilares do PC, conforme elucidados por Brackmann (2017), podem ser

conceitualmente articulados em quatro pilares interconectados, a saber: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo. No contexto dessa investigação, por exemplo, foram identificados os pilares do PC que se destacaram na produção dos dados dessa pesquisa. Especificamente, destacamos o que caracterizamos como[2] Decomposição, Padrões e Abstrações e Algoritmo.

A decomposição desempenha um papel fundamental tanto na análise de problemas quanto na síntese de soluções, sendo imprescindível para a resolução eficaz de desafios complexos. Esta habilidade consiste na capacidade de separar dados, problemas e processos em elementos menores e fáceis de serem abordados (Wing, 2006; Barr; Stephenson, 2011; CSTA; ISTE, 2011). Através da decomposição, é possível analisar os elementos constituintes de um problema ou sistema, facilitando a resolução de problemas complexos, a adaptação a situações novas e a concepção de sistemas (Brackmann, 2017). A fragmentação de um problema em partes menores, como por exemplo na programação, permite o desenvolvimento e teste separado de cada componente, reduzindo a complexidade da análise e a detecção de erros.

Nesse estudo, a promoção da elaboração de projetos robóticos contribuiu para o desenvolvimento do PC, e revelaram características da habilidade de decomposição, especialmente por meio da construção de novas funcionalidades para os robôs LEGO, inicialmente concebidos com finalidades pré-definidas. O Quadro 3, mostra nossa compreensão de decomposição por meio de trechos extraídos dos dados produzidos durante a pesquisa[3].

Quadro 3: Manifestações de Decomposição nos Dados

Transcrição da fala
“Não dá para resolver tudo ao mesmo tempo, vamos nos concentrar em um problema por vez. Primeiro vamos ver se pode ser resolvido com a programação, depois na própria montagem, se for na montagem, mudamos.” (Antonio - Grupo A)

Fonte: Dados da pesquisa

No Quadro 3, é possível observar características que se tornam evidentes ao enfrentar desafios relacionados à construção do objeto em questão. Isso indica que o processo de decomposição começa com a análise das partes que constituem o projeto

[2] Nos referimos aos conceitos que foram emergentes dos dados desta pesquisa e como os dividimos.

[3] Os fragmentos derivados dos dados têm a finalidade exclusiva de exemplificar os fundamentos emergentes desta pesquisa, visando orientar o leitor quanto ao que concebemos como manifestações relacionados ao PC, conforme fundamentado pela literatura apresentada.

dos estudantes do Grupo A. O estudante demonstra habilidade em analisar casos específicos, o que contribui para uma compreensão mais ampla que pode ser aplicada a outros cenários, indicando um estágio avançado de compreensão.

Ao abordar a elaboração de robôs e desmembrar as etapas necessárias para o desenvolvimento do projeto, considerando também as adaptações feitas a cada nova iteração, fica evidente a relação com as reconfigurações que resultam da decomposição dos problemas que surgem durante o processo de construção das suas ideias. Esse fenômeno será explorado posteriormente, no capítulo de análise de dados.

O Reconhecimento de Padrões, conforme delineado por Brackmann (2017), denota a identificação de características compartilhadas entre problemas e suas soluções. Esta abordagem consiste em detectar similaridades, possibilitando a aplicação de soluções previamente concebidas em contextos diversos. Este procedimento simplifica a resolução de problemas e a replicação da abordagem em subproblemas análogos, resultando em uma resolução mais eficiente à medida que mais padrões são identificados.

A aplicação prática do Reconhecimento de Padrões inclui a identificação de similaridades, como por exemplo, na seleção de frutas com base na coloração da casca, o reconhecimento de músicas por meio de sequências de notas, o diagnóstico de doenças a partir dos sintomas e características, entre outros exemplos. A incorporação do Reconhecimento de Padrões no PC otimiza a solução de problemas, reduz retrabalhos e promove a elaboração de soluções mais precisas. Esta etapa é considerada fundamental no processo para o desenvolvimento do PC, assegurando uma abordagem apropriada para a resolução de problemas.

De maneira geral, o conceito de padrão abarca elementos como regularidades, sequências, motivos, regras e ordens, e a busca por padrões também enriquece a análise de dados, conferindo sentido a interpretações e conclusões.

A Abstração, conforme Wing (2010), é apontada como o processo cognitivo mais relevante no âmbito do PC. Essa habilidade é reconhecida como uma ferramenta mental para abordar a complexidade intrínseca a problemas computacionais, envolvendo a habilidade de selecionar abstrações apropriadas e manipulá-las em múltiplas camadas para estabelecer conexões e relações entre elas. Em linha com esse entendimento, Vieira (2018) salienta que a capacidade de abstração de um indivíduo reside na sua aptidão para agrupar objetos ou conceitos com base em propriedades comuns ou categorias, implicando, desse modo, um nível avançado de pensamento verbal e lógico.

Para Wing (2006), a abstração é aplicada em várias situações, como a escrita de algoritmos, seleção de dados importantes e organização de módulos em sistemas. A ciência da computação é uma ciência de abstração, na qual os cientistas criam modelos para pensar sobre problemas e desenvolvem técnicas para resolvê-los. Um exemplo é o algoritmo, uma abstração de um processo que recebe uma entrada e produz uma saída para atingir um objetivo específico (Aho, 2011).

Conforme Piaget (1995), a abstração pode ser distinguida de duas formas: a abstração empírica, centrada na percepção dos atributos físicos dos objetos ou nos aspectos materiais inerentes às ações do sujeito, e a abstração reflexionante, que se fundamenta nesses atributos em conjunto com as atividades cognitivas empreendidas pelo sujeito na execução da ação. Enquanto a abstração empírica envolve a extração de informações dos objetos mediante a utilização dos órgãos sensoriais, a abstração reflexionante adquire tais informações por meio de reflexões sobre a ação em si.

A BNCC (Brasil, 2018) advoga que a promoção da abstração no ambiente escolar exige que os estudantes elaborem novos problemas ou reformulem problemas existentes, refletindo e questionando sobre as condições do problema inicial. Portanto, a capacidade de padronizar e abstrair facilita a abordagem de problemas a partir de instâncias específicas, concentrando-se em conceitos relevantes para sua compreensão e resolução. O Quadro 4 apresenta o excerto dos dados da pesquisa para exemplificar o que concebemos como padrões e abstrações.

Quadro 4: Manifestação de Padrões e Abstrações nos Dados

Transcrição das falas
“É só refazer o movimento do robô Tricky novamente. É a mesma coisa. Ele faz esse mesmo movimento só que não vamos jogar uma bola, vamos colocar na caixa do carrinho e levar para a caixa de materiais. ” (Breno - Grupo C)

Fonte: Dados da pesquisa

O trecho apresentado no Quadro 4, denota um processo de análise que, de acordo com Papert (1985), emerge como resultado do processo de equilíbrio, o qual se desenvolve através da assimilação de modelos cognitivos, culminando na formação de estruturas mentais que propiciam o desenvolvimento do pensamento conceitual. Nesse contexto, Lopes (2008) salienta que um conceito é inerentemente moldado por transformações que necessariamente envolvem reorganizações por meio da abstração reflexionante. No exemplo mencionado, no ato de identificar soluções e discernir padrões

na funcionalidade de componentes específicos do robô, mediante a atribuição de significado, constitui-se como uma manifestação das habilidades, reconhecimento de padrões e abstrações inerentes ao desenvolvimento do PC.

No caso do que caracterizamos por algoritmo, referimo-nos a um conjunto de instruções organizadas de forma clara, expressa por diagrama, código, pseudocódigo ou linguagem de programação, que têm como objetivo alcançar uma solução específica para um problema (SBC, 2016). O algoritmo contempla o núcleo central do PC, agregando todos os outros elementos (Wing, 2014). É um conjunto de instruções claras e ordenadas que visa solucionar um problema (Sentance; Csizmadia, 2015). Em resumo, os algoritmos podem ser conceituados como regras sistemáticas para resolver problemas, de forma análoga a uma receita de culinária, mas com a capacidade de lidar com complexidades adicionais.

O algoritmo, quando circundados pela habilidade da decomposição, abstração e identificação de padrões, tomam a forma de sequências de passos claramente definidos, aptos para serem aplicados em uma subsequente execução com o propósito de encontrar uma solução para um dado problema. Quando executados, seguem estritamente essas etapas pré-determinadas, dispensando a necessidade de criar novo algoritmo para execuções subsequentes.

Um exemplo elucidativo ocorre nas aulas de Matemática, em que o método de cálculo de adições por meio da "conta armada" constitui um algoritmo. Tanto estudantes quanto computadores podem empregar essas regras predefinidas para determinar a soma de quaisquer números, destacando a característica fundamental dos algoritmos, que é a automação das soluções.

O termo algoritmo é definido como uma sequência finita de instruções necessárias para a realização de uma determinada tarefa e/ou resolução de um determinado problema. Assim, o entendimento de algoritmo não está, necessariamente, ligado à execução de programas de computador.

Papert (1985) apresenta o termo pensamento de procedimento em seu estudo, e argumenta que tal pensamento é uma poderosa ferramenta intelectual que está relacionada à habilidade analítica, ao raciocínio heurístico e à automação. A BNCC (Brasil, 2018), documento normativo que define as aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica no Brasil, define algoritmo como uma sequência finita de procedimentos que permite resolver um determinado problema. Assim, o algoritmo é a decomposição de um procedimento

complexo em suas partes mais simples, relacionando-as e ordenando-as, e pode ser representado graficamente por um fluxograma.

Wing (2011) amplia a compreensão do PC, incluindo a algoritmização como uma de seus habilidades. Ela destaca que o PC transcende o pensamento lógico e sistêmico, incorporando também o pensamento paralelo e outros processos cognitivos, como raciocínio composicional, correspondência de padrões, pensamento procedimental e pensamento recursivo. A compreensão de algoritmo é ilustrada no Quadro 5.

Quadro 5: Manifestação de Algoritmo nos Dados

Transcrição das falas
“Certo! Agora vamos pensar no seguinte, nós queremos que ele (robô) separe o que encontrar? Então, temos que fazer comandos diferentes para quando ele se deparar com cada cor. Se encontrar azul, pega e volta em linha reta, se pega vermelho volta para a esquerda e assim para as outras opções de cores. Então vamos definir onde queremos que cada cor seja deixada e só depois podemos programar o deslocamento com o reconhecimento de cor” (Carol - Grupo B)

Fonte: Dados da pesquisa

O excerto presente no Quadro 5, delineia uma situação na qual estão sendo submetidas à análise, as diretrizes estabelecidas para a comunicação entre os dispositivos, com foco na otimização da programação e execução das operações do robô. Cada instrução e conjunto de programação concebido possui uma correspondente ação a ser efetivada. Portanto, o algoritmo caracteriza-se como a representação dos passos lógicos inerentes a um processo específico, delineando as múltiplas ações e decisões necessárias para a resolução eficaz de um determinado problema.

Os elementos fundamentais do algoritmo delineado neste contexto, reforçam a compreensão desta habilidade vinculada ao PC, delineando um modelo de raciocínio estruturado. A aprimoração deste processo tem o potencial de otimizar a abordagem na resolução de problemas. Esta reestruturação de um projeto existente, seguido pela fase de codificação e decodificação de informações, facilita a implementação de estratégias adequadas às demandas específicas do contexto, entrando em um ciclo de ação, avaliação, correção e subsequente ação que tem potencial para o desenvolvimento do PC.

As características mencionadas interagem de maneira intrínseca e sinérgica, desempenhando um papel crucial na capacitação dos indivíduos para abordar e resolver questões complexas de forma eficiente, tanto no âmbito da computação quanto em diversas outras esferas de aplicação (Resnick, 2017). Contudo, é imperativo reconhecer

a necessidade premente de uma incorporação ampla e abrangente do desenvolvimento do PC no contexto das instituições de ensino, com o intuito de promover uma abordagem multidisciplinar e estimular a criatividade no processo educacional (Barr; Harrison; Conery, 2011).

Nesse sentido, é crucial destacar que a mera utilização da Tecnologia Digital (TD) não configura, por si só, o desenvolvimento pleno do PC, pois este é um conceito que transcende a interação com dispositivos eletrônicos ou programação. Como Brackmann (2017) salienta, o PC não se restringe à mera manipulação de aplicativos ou dispositivos, mas envolve habilidades mais amplas relacionadas à resolução de problemas e ao estímulo da criatividade inerente à mente humana.

Ademais, é fundamental reconhecer que o PC não necessariamente precisa da presença do computador. Uma abordagem inclusiva do PC, que não depende da utilização de TD, é conhecida como desplugada. Atividades desplugadas são concebidas com o propósito de cultivar conhecimentos relacionados ao *hardware, software* e tecnologias cotidianas (Brackmann, 2017). Tais atividades são conduzidas mediante a aplicação de métodos de aprendizado cinestésico, que envolvem a realização de movimentos, a utilização de cartões, recortes, dobraduras, colagens, desenhos, pinturas e a resolução de enigmas, entre outras práticas. Essas estratégias visam fomentar a colaboração entre os estudantes e promover a compreensão dos conceitos relacionados à ciência da computação.

Embora as atividades desplugadas tenham sido reconhecidas como uma abordagem valiosa para o desenvolvimento do PC, conforme apontado por Brackmann (2017), o escopo de nosso interesse se concentra nas atividades que envolvem programação e robótica. Essa ênfase é corroborada por Papert (2008), que concebe o computador como uma extensão da mente e enfatiza que os estudantes interagem de maneira ativa com o computador, criando e fazendo descobertas enquanto utilizam *software* como o Logo, por exemplo. Essa conclusão, somada a *insights* provenientes de outras investigações, como a de Brennan e Resnick (2012), justifica a valorização da incorporação da programação como uma estratégia adicional para o desenvolvimento do PC.

Mitchel Resnick, um dos criadores do Scratch[4], argumenta que a educação contemporânea está passando por um processo evolutivo em que a habilidade de

[4] Linguagem de programação que possibilita a criação de animações, jogos e histórias interativas, expressões e interesses pessoais por meio da programação em blocos.

programar está sendo equiparada à habilidade de ler e escrever (Resnick, 2014). Ele sustenta essa comparação ao afirmar que a aprendizagem da programação não se restringe apenas à aquisição de conhecimento técnico específico, mas conduz ao desenvolvimento de uma ampla gama de capacidades e habilidades cognitivas e práticas.

Resnick (2014) delineia diversas capacidades e habilidades, entre as quais se destacam a habilidade de organizar ideias, a criatividade e a competência no planejamento e design. Adicionalmente, há uma ênfase na promoção da colaboração através do compartilhamento de ideias e projetos, juntamente com a capacidade de conceitualizar e construir compreensão abstrata. Segundo o autor, em oportunidades assim, que se estimula a destreza no teste e depuração, bem como para a capacidade de reutilização e remixagem de soluções pré-existentes. A perseverança na superação de desafios complexos e o envolvimento ativo e consciente no processo de aprendizagem também são incentivados.

O processo de aprendizado deve ser encarado como uma atividade ativa, na qual “os aprendizes “colocam a mão na massa” (*hands-on*) no desenvolvimento de projetos” (Maltempi, 2000, p. 12), em detrimento de uma postura passiva de mera observação das exposições do docente. Nas perspectivas Construcionistas, essa participação ativa é particularmente eficaz, quando ocorre em um ambiente, no qual, o aprendiz se engaja de maneira consciente na construção de um artefato de interesse pessoal e de natureza pública. Assim, o Construcionismo complementa a noção de que a aprendizagem é otimizada pela ação, acrescentando a dimensão de que essa eficácia é acentuada quando o aprendiz manifesta apreço, reflexão e diálogo acerca das atividades em que se envolve (Maltempi, 2000).

Essas perspectivas valorizam o enfoque em projetos com uma estratégia pedagógica central, oferecendo aos estudantes a oportunidade de se envolverem com problemas do mundo real, em vez de abordagens de aprendizado fragmentadas e desvinculadas de sua realidade. Nesse contexto, o PC transcende a mera identificação de etapas ou resoluções de problemas, pois incorpora o ato de projetar de forma intrínseca (Brennan; Resnick, 2012). Esta perspectiva implica que o PC não se limita a uma análise estática das habilidades cognitivas dos indivíduos, mas enfatiza a capacidade de conceber e desenvolver soluções computacionais criativas.

De acordo com Brennan e Resnick (2012), a avaliação do desenvolvimento do PC deve ser abordada por meio da observação contínua dos estudantes durante a execução de projetos, em contraste com a dependência de testes isolados. Essa abordagem alinha-

se com a visão do PC como um conjunto de habilidades que podem ser aprimoradas ao longo do tempo. Isso, por sua vez, permite que os indivíduos adquiram a capacidade de criar e aplicar modelos computacionais em diversas áreas, demonstrando a sua versatilidade e relevância em contextos diversos.

Blikstein (2008, p. 12) afirma que o “Pensamento Computacional é saber usar o computador como um instrumento de aumento do poder cognitivo e operacional humano, em outras palavras, usar computadores, e redes de computadores, para aumentar nossa produtividade, inventividade e criatividade”. O autor descreve a forma como a tecnologia é empregada nas escolas como adestramento digital, no qual os estudantes se limitam a utilizar recursos tecnológicos para encontrar e utilizar informações de maneira rápida, ficando aquém do verdadeiro potencial desse instrumento. Para Blikstein (2008) é possível incorporar os princípios do PC em diversas atividades, mesmo sem o uso do computador, através de atividades práticas que desenvolvem as habilidades e competências dos estudantes para pensar de forma computacional, organizando tarefas e soluções de maneira mais ágil e efetiva.

Na próxima seção, discutiremos a integração do PC no contexto da Educação Básica, explorando como a programação associada a robótica pode servir como um veículo eficaz para o desenvolvimento dessas habilidades cognitivas e metacognitivas essenciais.

2.3 A Inserção do Pensamento Computacional na Educação Básica

De acordo com a BNCC (Brasil, 2018), o PC é delineado como um conjunto de habilidades voltadas para a formulação e solução criativa de problemas, utilizando conceitos e estratégias provenientes da ciência da computação. O mencionado documento propõe que o PC deva ser concebido como um elemento de natureza interdisciplinar, requerendo atividades que fomentem o desenvolvimento das habilidades do PC que transcenda, assim, as fronteiras disciplinares promovendo uma integração entre diversos domínios curriculares.

Embora haja a indicação para explorar o PC em todas as áreas do conhecimento, é perceptível a ênfase preponderante para os professores de Matemática (Brasil, 2018). Reconhece-se, no referido documento, a afinidade entre a disciplina de Matemática e o PC, identificando habilidades compartilhadas, tais como a capacidade de abordar problemas complexos, traduzir situações em linguagens diversas e representar soluções

por meio de algoritmos e fluxogramas.

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) considera crucial e estratégico para o Brasil a inclusão de conteúdos de Computação na Educação Básica. Nos últimos anos, uma comissão designada pela Diretoria de Educação esteve empenhada na criação de um documento que define os referenciais de formação em Computação para a Educação Básica.

Este documento, BNCC Computação (Brasil, 2022), publicado como um complemento a BNCC descreve as competências e habilidades nos eixos de Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital, que formam a base da Computação na Educação Básica, abrangendo desde a Educação Infantil até o Ensino Médio. Dentro dessa orientação curricular, o PC é subdividido em três dimensões: Abstração, Análise e Automação. É preconizado que o desenvolvimento progressivo dessas dimensões ocorra ao longo da Educação Básica, alinhando-se com as diretrizes orientadas pela SBC (2016).

Diante das inúmeras peculiaridades e disparidades que caracterizam notadamente o sistema educacional público brasileiro, torna-se relevante deliberar sobre os meios mais eficazes para a implementação de políticas públicas, com o intuito de assegurar que o domínio da Computação não seja um privilégio, mas sim um direito garantido a todos os estudantes do Brasil (Brasil, 2021). Tal abordagem deve ser pautada pela consideração das singularidades, necessidades e modalidades educacionais vigentes.

Além disso, há uma apreensão relativa à insuficiência de profissionais na área para prover suporte ao ensino de computação nas instituições educacionais. Tendo em vista que, no ano de 2019, ingressaram 3.038 estudantes na Licenciatura em Computação no território nacional, com apenas 786 concluindo o curso, torna-se imperativo ampliar o contingente de docentes (Brasil, 2019). Esta ampliação pode ser realizada mediante programas de formação pedagógica direcionados ao desenvolvimento de conhecimentos em Computação.

É necessário considerar o disposto na BNCC (Brasil, 2018), no que tange às competências e habilidades prescritas para os níveis da Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio. Raciocínios, frequentemente, invocados para iniciar a instrução em Computação na Educação Infantil incluem o desenvolvimento de habilidades de aprendizado em idades precoces, assim como, as evidências positivas oriundas da literatura acerca dos benefícios advindos da exposição das crianças aos conceitos fundamentais da computação, que corroboram as demandas sociais no século XXI.

O ensino da computação no âmbito do Ensino Fundamental é influenciado por variáveis intrínsecas, tais como a disponibilidade de recursos (docentes, materiais e definição de estratégias e metas), consonantes com as tabelas de competências e habilidades estipuladas na BNCC. No caso da BNCC Computação (Brasil, 2022), uma alternativa preconizada consiste na implementação abrangente desde a Educação Infantil, ao longo dos Anos Iniciais, considerando as particularidades da ênfase na alfabetização (1º ao 3º ano) e a ampliação temática nos anos subsequentes, conforme delineado pela BNCC e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN).

Para os Anos Finais, uma abordagem mais progressiva é sugerida, assim como para o Ensino Médio, caracterizado por maior complexidade, demanda uma abordagem análoga, com a sugestão de uma implementação gradual ao longo dos anos (Brasil, 2022). Adicionalmente, é plausível inferir que itinerários específicos, se eventualmente incorporados, dificilmente prescindiram de docentes com conhecimento técnico, salvo mediante parcerias estabelecidas com outras instituições.

Outro componente de relevância refere-se ao processo de implementação da Computação enquanto política pública na educação nacional. Nesse contexto, embora a BNCC Computação (Brasil, 2022) não tenha detalhado a estrutura operacional a ser adotada, o Conselho Nacional de Educação (CNE) em conjunto com a Câmara de Educação Básica (CEB), em 2021 encaminhou junto ao Ministério da Educação (MEC) que fossem estabelecidas estruturas operacionais compostas por profissionais especializados. Esses profissionais seriam encarregados de supervisionar a efetivação dessa política, abrangendo as seguintes dimensões: 1. Formação docente; 2. Desenvolvimento de recursos didáticos; 3. Prestação de assessoramento aos sistemas e redes de ensino; 4. Promoção de eventos temáticos; e 5. Avaliação do processo de implementação.

Em relação ao que se espera nas diretrizes educacionais sobre o PC, destinados ao Ensino Fundamental, segundo Brasil (2021) nos Anos Iniciais, há uma padronização para a abordagem de conceitos inerentes às estruturas abstratas essenciais à resolução de problemas associadas ao PC. O documento salienta a importância de o discente discernir o procedimento de solucionar questões, compreendendo a relevância de habilidades em delinear soluções sob a forma de algoritmos (Brasil, 2022). Durante essa fase, a ideia é que os educandos sejam introduzidos à noção fundamental de algoritmos de maneira concomitante ao ensino das operações aritméticas elementares. Além disso, espera-se que os estudantes desenvolvam uma compreensão básica de algoritmo e

desenvolvam a capacidade de elaborá-los para a resolução de distintos tipos de problemas, utilizando tanto linguagem natural quanto linguagens pictográficas, a partir de conjuntos variados de instruções.

De acordo com as orientações de Brasil (2021), se espera que o aprendiz obtenha proficiência nas operações fundamentais para a elaboração de algoritmos, incluindo composição sequencial, estruturas condicionais (seleção) e iterativas, assim como desenvolva noções acerca de estratégias de decomposição de problemas. Antecipa-se a capacidade dos estudantes de discernir a relevância de organizar entidades em conjuntos, os quais podem consistir de elementos atômicos (tais como números, palavras e valores-verdade) ou estruturados (a exemplo de registros, listas e grafos).

Corroborando à proposta mencionada, pesquisadores como Resnick *et al*. (2009) e Mannila *et al.* (2014) já se dedicavam a explorar distintas estratégias e possibilidades para a introdução do PC nas instituições de ensino da Educação Básica. Essas estratégias englobam tanto o uso de tecnologia digital, como a programação, quanto atividades "desplugadas", mencionadas anteriormente. Valente (2016) sugere algumas propostas da inserção de atividades relacionadas à ciência da computação e a criação de disciplinas que abordem tópicos pertinentes ao letramento digital e o PC.

É discutido por Resnick *et al.* (2009) os princípios de design relacionados ao ambiente de programação interativo denominado Scratch, o qual tem por objetivo tornar a programação acessível e atrativa para os estudantes. O Scratch permite que os estudantes desenvolvam uma variedade de projetos, incluindo jogos, possibilitando a personalização destes por meio da incorporação de imagens, música e áudio gravado. Além disso, existem abordagens informais e formais para promover o PC. As atividades informais compreendem clubes, competições e programas de divulgação, enquanto as atividades formais incluem programação, narrativas, robótica educacional, jogos educativos e projetos interdisciplinares (Mannila *et al.,* 2014).

Embora a tendência atual de promover essa abordagem se concentre principalmente na prática de programação em si ou no desenvolvimento de competências genéricas relacionadas à resolução de problemas e à alfabetização digital, observamos que, por meio da implementação do ensino da computação, emerge uma oportunidade para a instituição de conexões entre a programação, a robótica e a codificação em diversas áreas do conhecimento (Azevedo; Maltempi, 2020).

Nos últimos anos, a Robótica Educacional (RE) tem sido reconhecida como um recurso valioso para a aprendizagem, beneficiando tanto as disciplinas STEM quanto a

Ciência da Computação. Segundo Schons et al. (2004), as tecnologias educacionais, quando aplicadas corretamente, podem desempenhar um papel crucial no desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

A RE, vista como uma evolução do LOGO de Papert (1985), promove a integração de conhecimentos científicos com a simulação, permitindo que os estudantes formulem hipóteses, as implementem, testem, observem e façam as modificações necessárias para atingir os objetivos do robô (Maisonnette, 2002). De acordo com Souza et al. (2018), as principais iniciativas discutidas na literatura para a introdução da RE nas escolas incluem: ensino de programação, robótica como ciência, ensino interdisciplinar de ciências, desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC), e participação em torneios e olimpíadas. Embora as práticas com RE sejam variadas, é possível identificar atividades práticas que envolvem a resolução de problemas, especialmente para ensinar lógica de programação, onde os estudantes participam ativamente do "aprender fazendo".

Para exemplificar, autores como Silva e Javaroni (2018) propuseram uma análise do processo pelo qual estudantes do Ensino Fundamental assimilam conceitos matemáticos durante atividades de robótica educacional voltadas para o desenvolvimento do PC. A proposta contemplou a exploração do significado do resto da divisão euclidiana no decorrer de uma atividade que envolveu a construção e programação de um semáforo utilizando o *kit* de robótica Arduino Uno e a linguagem de programação Scratch. Os autores conceberam e executaram quatro planos de aula para a disciplina de Práticas de Matemática. Os resultados principais, derivados da análise dos dados, revelaram que a robótica educacional contribuiu para o aprimoramento do PC, influenciando, por conseguinte, a compreensão dos conteúdos matemáticos abordados.

Apesar de não compartilharmos o mesmo escopo de pesquisa, a presente investigação visa fomentar o desenvolvimento do PC na Educação Básica, com apoio da robótica. Através disso, foram gerados dados com o propósito de sustentar e viabilizar potenciais respostas para o nosso objetivo. Observamos, desse modo, como tal desenvolvimento se manifestava. Além disso, monitoramos o progresso dessas habilidades, proporcionando um ambiente Construcionista, com a intenção de avaliar as potencialidades desse contexto específico para a consecução do referido objetivo.

Nesse contexto, o avanço em pesquisas sobre o PC oferece diversas perspectivas educacionais, variando desde linguagens acessíveis, como o Scratch, até linguagens de programação mais avançadas, cujas atividades possam ser planejadas de acordo com as necessidades dos estudantes. Desenvolver discussão sobre a integração do PC na

Educação Básica brasileira requer reflexão sobre a postura da escola em relação às novas tecnologias digitais.

De fato, à semelhança do processo histórico pelo qual as civilizações progressivamente incorporaram a linguagem escrita à sua tradição oral, é legítimo indagar se a capacidade de produzir escrita contribuiria para otimizar o processo de construção do conhecimento (Blikstein *et al*., 2021). Entretanto, esse questionamento perde seu sentido à medida que as atividades cotidianas exigem cada vez mais a representação de palavras por meio de signos gráficos, e as habilidades cognitivas subjacentes a esse processo (Blikstein *et al.*, 2021). Portanto, na atualidade, não faz mais sentido conceber uma educação desconectada da tecnologia, assim como não faria sentido uma escola sem o uso da palavra escrita como instrumento fundamental de comunicação e aprendizado.

Além das demandas emergentes relacionadas às tecnologias, o processo de ensino com a computação tem desafios substanciais, notadamente a necessidade de desenvolver competências lógico-matemáticas, que se estabelecem como uma das principais barreiras para os estudantes, conferindo-lhes uma natureza abstrata e afastada de seu contexto cotidiano, como destacado por Raabe e Silva (2005). Para lidar com tais dificuldades, estratégias pedagógicas foram concebidas para o ensino com a computação e apoiado por alguns autores como potenciais no desenvolvimento do PC, a abordagem de atividades desplugadas, o ensino da programação e a Robótica (Brackmann, 2017; Resnick, 2014; Azevedo, 2022).

A utilização da robótica como recurso educacional, fundamenta-se primordialmente na Teoria Construcionista. Uma característica notável da abordagem de Papert consiste na apreciação e valorização do erro. Essa perspectiva, facilmente vista durante a construção de robôs, abre espaço para discussão como o desenvolvimento do PC pode ser associado a ambientes Construcionistas, proporcionando oportunidades significativas para que os estudantes compreendam a origem de seus equívocos e busquem soluções alternativas para os problemas, envolvendo-se ativamente na investigação, construção e descoberta (Curcio, 2008).

A disseminação da introdução de computadores no ensino foi amplamente impulsionada por Papert ao longo dos anos. Um marco ocorreu em 1986, quando a empresa LEGO lançou robôs programados com a linguagem logo, quando Papert estabeleceu uma parceria com a LEGO (Curcio, 2008). Essa colaboração resultou no lançamento da série LEGO Mindstorms em 1998. Com o decorrer do tempo e o crescente

interesse de pesquisadores e educadores, a abordagem gradualmente conquistou reconhecimento e disseminação nas comunidades escolares. De acordo com Curcio (2008), é notável que os principais investimentos relacionados à robótica educacional, em sua maioria, se manifestam como iniciativas independentes de instituições de Ensino Superior, órgãos governamentais locais ou instituições de ensino privadas.

Nesse cenário, é comum a utilização de conjuntos de robótica padronizados, compostos por componentes de *hardware, software* específico e recursos pedagógicos desenvolvidos internamente. Simultaneamente, algumas iniciativas adotam uma abordagem distinta, optando pelo uso de *software* de código aberto e materiais reciclados na construção de robôs, visando proporcionar desafios de diferentes níveis de complexidade (Curcio, 2008).

Nessa perspectiva, Lopes (2008) destaca que as ideias de Papert (2008) sustentam a concepção de que a incorporação do computador no ambiente educacional revela-se mais eficaz quando permite a autonomia do aprendiz, seja por meio da realização de operações lógicas, seja pela interação com outros sujeitos. Em contraposição à visão que considera o computador apenas como uma ferramenta para automatizar tarefas rotineiras e reduzir o esforço humano, o computador deve ser reconhecido como um instrumento de aprendizagem. Portanto, ele deve ser concebido como um recurso que estimula o pensamento crítico e a ação construtiva, resultando em inovação e construção do conhecimento (Lopes, 2008).

As vantagens intrínsecas ao Construcionismo são claramente evidenciadas pela multidisciplinaridade inerente à robótica, a qual confere aos estudantes a oportunidade de construírem um espectro diversificado de competências e habilidades. Este fenômeno é perceptível mediante a abordagem convergente de diversas áreas do conhecimento, a exemplo da Matemática, eletrônica, design, mecânica e programação de computadores, em um contexto educacional unificado. O emprego da robótica no âmbito pedagógico, promove a colaboração, o trabalho em equipe, a formulação de estratégias para a solução de problemas e a promoção do pensamento formal (Souza; Duarte, 2015). A inserção da robótica no ambiente de ensino também se destina a fortalecer o raciocínio lógico dos estudantes, concedendo-lhes as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de aptidões associadas à resolução de problemas complexos.

Consoante à perspectiva delineada por Resnick (2017), nosso enfoque na utilização de dispositivos robóticos não se restringe à mera transmissão de conhecimento ou à aquisição de habilidades efêmeras. Em vez disso, concebemos esta abordagem

como uma oportunidade para o desenvolvimento de interesses e inovações, tanto no âmbito individual do estudante quanto no contexto mais amplo da sociedade. Tal perspectiva pressupõe a elaboração de um projeto educacional que incorpora as percepções do estudante sobre o mundo, sua visão criativa e sua capacidade analítica da realidade. O escopo último consiste em facultar a todos os envolvidos, quer sejam professores ou estudantes, as ferramentas essenciais para promover a emancipação (Barbero; Demo, 2011).

A perspectiva emancipatória, no contexto do desenvolvimento de competências relacionadas a dispositivos robóticos, deve, como sustentado por Blikstein (2008), conduzir os indivíduos a perceberem-se como agentes ativos na transformação do mundo. Isso requer a promoção da criatividade do estudante e a concessão de tempo suficiente para a interação com as tarefas propostas, permitindo assim a participação ativa do professor como um mediador e um facilitador do processo de aprendizagem (Maltempi, 2008). Dessa forma, o estudante tem condições de desenvolver o pensamento crítico e de identificar novas oportunidades de aprendizado e intervenção. Essa concepção não apenas rejeita abordagens pedagógicas centradas no treinamento, mas também exige que professores e alunos adotem uma postura mais proativa diante dos desafios educacionais.

Pesquisas e estudos, como aqueles conduzidos por Silva e Javaroni (2018), Azevedo e Maltempi (2020), Blikstein (2008) e Valente (2016), corroboram as possibilidades do ensino de programação e robótica no contexto da Educação Básica. Tais abordagens, não apenas dão suporte para o desenvolvimento de competências tecnológicas, mas também conferem possibilidades ao desenvolvimento do PC.

3 CAMINHOS DA PESQUISA

> É preciso sentir a necessidade da experiência, da observação, ou seja, a necessidade de sair de nós próprios para aceder à escola das coisas, se as queremos conhecer e compreender.
>
> (Émile Durkheim)

Ao conduzirmos investigações acadêmicas, é necessário adotar estratégias que orientem o estudo. Portanto, com o objetivo de explorar a questão: Como se manifesta o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais?, buscamos por uma abordagem metodológica que possibilitasse a observação e análise do comportamento dos estudantes no processo de criação de protótipos robóticos alinhados com seus interesses. Dada a natureza da pesquisa, optamos pela adoção da abordagem qualitativa, uma vez que propicia uma estrutura flexível, conforme destacado por Alves-Mazzotti (2004).

Nesse contexto, concebemos um plano de pesquisa, cuja adaptação ocorreu à medida que o estudo progrediu, principalmente em relação à pergunta de pesquisa. Como apontam Araújo e Borba (2012), essa evolução é inerente, influenciada pela interação com a literatura e pela pesquisa de campo. A jornada percorrida durante a pesquisa contribuiu para uma compreensão da nossa questão inicial, culminando na formulação atual da pergunta de pesquisa.

Dito isto, neste capítulo apresentamos o delineamento metodológico da pesquisa, compreendendo a descrição do ambiente de investigação, os sujeitos da pesquisa, os instrumentos empregados para a coleta e condução dos dados, os encontros realizados, e a estratégia delineada para a análise dos dados obtidos.

Enfatizamos que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista – Unesp, Campus de Botucatu (SP), com os seguintes dados, CAAE: 60681522.7.0000.5411, Número do Parecer: 5.558.084 e Data: 02/08/2022. Os estudantes foram convidados para participar desta pesquisa e aceitaram mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.1 As características qualitativas da pesquisa

O pesquisador qualitativo adota uma abordagem atenta e minuciosa em relação

aos dados produzidos, direcionando seu foco para capturar as perspectivas dos sujeitos sobre o assunto em análise (Araújo; Borba, 2012). Esse enfoque visa desvelar e compreender os discursos e narrativas que muitas vezes são negligenciados nas pesquisas de cunho quantitativo. No entanto, reconhecemos que não há metodologias absolutamente corretas ou incorretas, mas sim aquelas que são mais adequadas, ou não, ao caminho que desejamos explorar (Alves-Mazzotti, 2004).

O pesquisar traz a ideia de movimento do próprio pesquisador em busca de algo que o afeta, “perseguir uma interrogação em diferentes perspectivas, de maneira que, a ela podemos voltar uma vez e outra ainda e mais outra” (Bicudo, 2012, p. 20). Isto é, procurar a compreensão de um questionamento, seguindo um norte que de maneira nenhuma é engessado, que pode mudar quando cercamos a interrogação. As perguntas surgem a partir questionamentos, e quando é um professor de Matemática que decide pesquisar sobre Educação Matemática, é possível que ele esteja problematizando a sua própria prática docente (Bicudo, 2012).

Nesse sentido, compreendemos a partir do olhar como professora, o espaço da sala de aula oportuno para a reflexão, conhecimento e exploração dos discursos que emergem das experiências vividas por todos os participantes envolvidos em uma pesquisa nesse ambiente, a saber: professores, alunos e a própria pesquisadora.

De acordo com Gatti e André (2013), a pesquisa qualitativa se dedica a compreender os aspectos fundamentais da humanidade, abrangendo relações, construções culturais de grupos, comunidades e relações individuais, entendendo que não há uma completa exclusão das intencionalidades. Por isso, nossa abordagem é qualitativa e interpretativa, pois nossa questão de pesquisa emergiu da dinâmica que buscamos analisar em seu contexto natural e complexo (Bogdan; Biklen, 1999), permitindo-nos compreender pensamentos e movimentos dos sujeitos daquele ambiente.

No que se refere ao tema central da investigação, é importante salientar que, apesar da existência de publicações acerca do PC, é prematuro considerar o assunto como exaurido. Isso é especialmente notório ao se discutir em quais contextos se podem cultivar e desenvolver as habilidades subjacentes a esse tipo particular de “pensamento”. Visualizamos o domínio como uma esfera rica em possibilidades e desafios, todos eles carentes de exploração minuciosa.

Diante dessa premissa, nossa pesquisa foi estruturada em segmentos interconectados, buscando uma observação, descrição e compreensão dos cenários locais e temporais, bem como das dinâmicas intrínsecas ao contexto escolar. É imperativo

reconhecer que, sob essa perspectiva, o conceito de verdade é invariavelmente fluido e suscetível a modificações, conforme delineado por Borba (2004).

A pesquisa qualitativa também nos proporciona a oportunidade de adotar uma abordagem indutiva em relação aos dados que foram produzidos. Conforme descrito por Bogdan e Biklen (1994), o propósito da análise não reside na validação de hipóteses pré-concebidas, mas sim na exploração de como as abstrações, gradualmente, se manifestam enquanto nos envolvemos com os dados. Esse procedimento implica na condução de análises interativas de elementos que compartilham semelhanças, mas que, ao mesmo tempo, mantêm suas diferenças. Como resultado, a interpretação e avaliação dos resultados surgem como um conjunto de conjecturas embasadas na apreensão dos fenômenos no âmbito do contexto sob análise.

3.2 Procedimentos metodológicos da pesquisa

Sendo o significado dos fenômenos uma preocupação essencial na abordagem qualitativa (Goldenberg, 2013; Lincoln; Guba, 1985; Yin, 2016), a multiplicidade de procedimentos torna-se relevante, pois permite que tenhamos um entendimento de perspectivas que se difundem e nos dão mais suporte para analisarmos o fenômeno que está sendo estudado. Essa combinação de dados, denominada triangulação, é destacada como “uma forma de aumentar a credibilidade de uma pesquisa que adota a pesquisa qualitativa” (Araújo; Borba, 2012, p. 41).

Em outras palavras, o uso de uma multiplicidade de procedimentos

> [...] tem por objetivo abranger a máxima amplitude na descrição, explicação e compreensão do objeto de estudo. Parte de princípios que sustentam que é impossível conceber a existência isolada de um fenômeno social (Goldenberg, 2013, p. 63).

Neste estudo, empregamos uma variedade de metodologias de coleta de dados, destacando-se a observação participante como nossa principal abordagem, complementada por gravações em formato de áudio e vídeo, registros meticulosos em um diário de campo, a aplicação de questionários e a condução de entrevistas tanto com os discentes quanto o docente responsável pelo processo. Tais escolhas metodológicas foram cuidadosamente ponderadas, com o propósito de observar os indícios relativos ao desenvolvimento do PC no decorrer da disciplina eletiva de robótica. Vale ressaltar que está disciplina foi submetida a um processo de redesenho pedagógico pautado na

perspectiva Construcionista e orientado para a investigação dos interesses manifestados pelos estudantes.

A observação constitui um instrumento rotineiramente empregado para a coleta de dados em pesquisas interpretativas. Dentro deste escopo, a observação participante se destaca como um processo apropriado (Bogdan; Biklen, 1999; Ludke; André, 1986). A observação participante pode ser conduzida de dois modos: como um observador participante ou como um observador ativo nas atividades, dependendo da intensidade da interação do pesquisador com os sujeitos da pesquisa (Martinho, 2007). Quando se assume esse papel de participante como observador, a produção de dados passa a ser "descritiva, geralmente feito a partir de notas de campo e gravações de áudio" (Martinho, 2007, p. 109), por isso, a opção de utilizar como instrumentos nesta pesquisa, gravações de áudio e vídeo.

Neste estudo, optamos por participar observando, dado que, o ambiente de investigação era uma disciplina eletiva de robótica que foi ofertada aos estudantes do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental. A interação da pesquisadora com a escola se deu entre os meses de março e dezembro de 2022, com acordos prévios estabelecidos em conjunto com o professor colaborador da pesquisa. Com aprovação do coordenador e do professor responsável pela disciplina de matemática/robótica, foi possível acompanhar a rotina escolar e as atividades das turmas de Anos Finais do Ensino Fundamental.

Paralelamente, o professor da disciplina e a pesquisadora começaram a colaborar para desenvolver uma nova abordagem metodológica para a disciplina eletiva, que iniciaria em agosto de 2022. A criação do plano curricular teve como propósito a formulação dos procedimentos metodológicos da pesquisa e a realização das atividades que fossem de acordo com os objetivos delineados pelo professor.

Conforme mencionado anteriormente, empregamos o método de triangulação de dados, combinando ainda com o diário de campo, os relatórios elaborados pelos estudantes a respeito das aulas e o monitoramento dos projetos em desenvolvimento, tanto em formato físico como na plataforma Mindstorms. Através da interligação desses registros com as observações e gravações efetuadas durante as sessões, diversas facetas relacionadas ao tema em análise vieram à tona.

No intuito de documentar os projetos elaborados e reelaborados pelos estudantes no ambiente de programação da LEGO, aproveitamos a funcionalidade interna de captura de tela presente nos *notebooks* disponibilizados. Adicionalmente, arquivamos em forma de códigos os projetos programados pelos estudantes. Tais abordagens possibilitaram a

monitorização das atividades dos estudantes durante a execução das tarefas no computador. No entanto, apesar da adoção dessas estratégias, deparamo-nos com desafios. À medida que os estudantes tomaram consciência de que suas vozes estavam sendo gravadas, ficaram inibidos. Para administrar essa questão, deliberamos pela suspensão do registro de áudio e *webcam*, optando por conservar apenas o registro da tela do computador para monitorar as atividades.

Além das ferramentas previamente delineadas, em determinado momento, surgiu a necessidade de empregar a técnica da entrevista concomitantemente à análise das manifestações dos indivíduos, às anotações registradas no diário de campo do pesquisador e à observação. Essa abordagem posiciona o entrevistado no papel de um informante-chave, ampliando assim a compreensão do contexto em estudo.

Um informante-chave, capaz informar não só sobre as suas próprias práticas e as suas próprias maneiras de pensar, mas também – na medida em que ele é considerado como “representativo” de seu grupo ou de uma fração dele – sobre os diversos componentes de sua sociedade e sobre seus diferentes meios de pertencimento. Nesta última acepção, o informante é tido como uma testemunha privilegiada, um observador, de certa forma, de sua sociedade, com base em quem um outro observador, o pesquisador, pode tentar ver e reconstituir a realidade (Poupart, 2008).

Assim, um terceiro procedimento metodológico para a produção dos dados foi a entrevista semiestruturada que permite criar um ambiente natural aproximando a entrevista a uma conversa (Martinho, 2007; Poupart, 2008), além de contribuir para a obtenção de dados de forma paralela e comparável entre os sujeitos da pesquisa (Bogdan; Biklen, 1999). Nesse sentido, o roteiro da entrevista com os estudantes foi organizado de forma posterior à finalização de seus protótipos, levando em consideração os objetivos específicos a serem atingidos e as observações feitas ao longo do desenvolvimento dos encontros.

Definido o tipo de pesquisa e seus procedimentos metodológicos, segue-se a descrição das etapas que construíram a pesquisa.

3.3 Construindo o cenário da pesquisa de campo

Nesta seção, abordamos como se constituiu o cenário desta pesquisa para a produção de dados a partir das observações realizadas e ações tomadas junto a disciplina eletiva ofertada na Escola Estadual Professor João Batista Leme (EEPJBL) com apoio do

Prof. Sérgio Barbosa, colaborador desta pesquisa.

A ideia inicial desta investigação era trabalharmos com estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, no entanto, tivemos que nos adaptar às demandas da escola. Direção e professor determinaram que 8º e 9º anos do Ensino Fundamental poderiam se inscrever na disciplina eletiva de robótica. Sendo assim, elaboramos o projeto que resultou na produção de dados da pesquisa que está sendo relatada nesta dissertação.

Dito isso, como primeiro passo, realizamos um levantamento teórico sobre a produção da área em torno da temática abordada e, principalmente, por meio de estudos sobre tipos de ambiente, aulas de Matemática, aulas de robótica, dentre outros espaços propícios ao desenvolvimento do PC no âmbito escolar.

A motivação para investigar o desenvolvimento do PC no ambiente escolar, surgiu das inquietações da pesquisadora que atua como professora de Matemática na rede pública e privada há alguns anos, que vendo em suas demandas o desafio de desenvolver o PC, buscou explorar essa temática. Para essa pesquisa, não é suficiente o mergulho na experiência empírica, sendo necessário conhecer as teorias que corroboram a compreensão do que é o PC e o que pode ser potencialmente coerente para o seu desenvolvimento. Além disso, por ser de grande importância, o momento de leituras foi estendido e ocorreu durante todo o desenvolvimento da pesquisa, concomitante a outras atividades do PPGEM.

O segundo passo foi caracterizado pela identificação do cenário de pesquisa, ou seja, qual escola seria selecionada para a realização da pesquisa de campo? No primeiro semestre de 2022, ao chegarmos à cidade de Rio Claro, iniciamos a busca por contatos. Com a ajuda de colegas da pós-graduação, estabelecemos contato com o professor Sérgio Barbosa, responsável pela disciplina de Matemática na EEPJBL.

Durante conversas com o professor Sérgio, ele compartilhou sua abordagem com o uso dos conjuntos de robótica (LEGO) disponíveis na escola. Ao descrever como utilizava os *kits* LEGO no ensino de robótica, ele demonstrou interesse em explorar novas metodologias que pudessem ir além da abordagem instrucionista. Nesse momento, debatemos a possibilidade de introduzir um ambiente mais alinhado com as ideias de Papert, baseado no Construcionismo, e discutimos como isso poderia contribuir para a formulação de uma nova metodologia para as aulas de robótica.

Desse modo, iniciamos a formulação de estratégias alinhadas com o nosso escopo de pesquisa, atentos às demandas e requisitos da instituição educacional. Mediante visitas semanais, conseguimos uma adaptação gradual, permitindo a familiarização com

a equipe escolar - compreendendo seus componentes, desde estudantes, docentes, administradores e funcionários - e apreender a complexidade da dinâmica escolar daquele contexto em específico. Convém notar que essa realidade se mostra inteiramente contrastante com aquela experimentada no estado do Piauí, de onde a pesquisadora é oriunda, sobretudo no que tange à infraestrutura, à dinâmica operacional, aos recursos didáticos e ao projeto pedagógico.

Na EEPJBL, ao longo do primeiro semestre, além das disciplinas convencionais e preestabelecidas no currículo, os docentes promovem um levantamento junto aos discentes acerca de temáticas de interesse a serem abordadas nas disciplinas eletivas. Desse modo, as configurações das mencionadas disciplinas eletivas que serão cursadas durante o segundo semestre são formuladas com base nas preferências manifestadas pelos estudantes.

Concomitantemente nesse período, engendramos nossa participação em um curso concernente às tecnologias digitais, mediante convite do Professor Sérgio. Os encontros desse curso ocorriam nas manhãs de segundas-feiras, destinados aos estudantes do 8º e 9º anos, e nas manhãs de terças-feiras, para os discentes do 6º e 7º anos.

Nesse contexto, o docente aproveitava para ministrar instruções acerca de programação no ambiente Scratch, com a finalidade de prepará-los para a disciplina eletiva de robótica, programada para o segundo semestre. É pertinente ressaltar que, àquela época, não foram efetuados registros, dada a natureza imersiva na escola desprovida de intenções de documentação. Nossa abordagem se restringia à observação da dinâmica escolar. Felizmente, foram exatamente nesses momentos de observação que emergiram as concepções para a configuração da mencionada disciplina eletiva.

Adicionalmente, tivemos a oportunidade de conhecer os *kits* de robótica LEGO, e examinar diversos projetos que haviam sido concebidos no ano anterior por estudantes do Ensino Fundamental. Esses projetos, desenvolvidos por integrantes da equipe de robótica da instituição escolar, estavam destinados à competição First LEGO League. Vale notar que o professor Sérgio tem participado desse torneio junto com os estudantes do EEPJBL desde 2014, bem como com o Colégio Koelle de Rio Claro desde 2008.

O professor Sérgio concluiu sua graduação em Licenciatura em Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCCAMP) - Campinas (SP) no ano de 1992. Com uma carreira docente de 31 anos, ele atua no Estado de São Paulo, dedicando-se ininterruptamente à Escola Estadual Professor João Batista Leme, onde ministra disciplinas como Matemática, Tecnologias e Inovação, bem como disciplinas

eletivas integrantes do Programa Ensino Integral. A consolidação da parceria com ele e com a instituição educacional foi formalizada por meio de diálogo com a direção da escola. Após a apresentação detalhada da pesquisa e da pesquisadora, tanto por meio de documentos oficiais quanto em encontros presenciais, a autorização para a realização da investigação foi concedida.

A respeito da EEPJBL, situada na cidade de Rio Claro, ela abrange uma faixa de estudantes que compreende desde o sexto ano do Ensino Fundamental até o terceiro ano do Ensino Médio. Conforme constatado na Proposta Pedagógica Escolar do ano de 2022, período no qual a coleta de dados foi empreendida, a escola atendia a uma diversidade de estudantes oriundos de distintos bairros, inclusive alguns localizados a certa distância da instituição. A maioria desses discentes provém de escolas públicas, enquanto uma minoria é proveniente do sistema de ensino privado. Este cenário é resultante dos sólidos desempenhos acadêmicos da escola, do atrativo que representa a modalidade de ensino integral e da existência de um laboratório de robótica, o que a confere status de referência na cidade e suscita grande demanda. O Modelo Pedagógico Escolar encontra fundamentos nos Quatro Pilares da Educação, na abordagem da Educação Interdimensional, na aplicação da Pedagogia da Presença e na promoção do Protagonismo Juvenil. Por fim, a metodologia da escola para acompanhar e avaliar as atividades escolares é a PDCA: planejar (Plan), fazer (Do), monitorar (Check) e agir/revisar (Act) (SÃO PAULO, 2022).

No âmbito das explorações acadêmicas, junto à compreensão dos conjuntos de *kits* de robótica, a formação educacional do professor e suas experiências, bem como o contexto da instituição escolar e seu corpo discente, foi delineado o plano para a disciplina. Nesse contexto, almejamos criar um ambiente de aprendizado acolhedor, que fomentasse a motivação dos estudantes para a contínua busca de conhecimento, incentivando-os a participar ativamente, a engajar-se em discussões e na descoberta de novos conhecimentos ao longo de cada fase do processo (Maltempi, 2004). Tais medidas foram meticulosamente planejadas com o propósito de viabilizar a construção de significados pelo estudante, estabelecendo, assim, uma interligação direta com a dimensão semântica subjacente ao Construcionismo. A sequência dessas ações levou à adaptação da proposta, em colaboração com o professor Sérgio, que prontamente concordou com a nova abordagem que decidimos adotar, o que, por sua vez, permitiu a implementação das atividades relacionadas à obtenção dos dados no âmbito de sua disciplina.

A partir do mês de agosto de 2022, nossas atividades na disciplina eletiva tiveram início, coincidindo com a ocasião da feira das eletivas, meticulosamente organizada para apresentar as opções disponíveis para o ano letivo de 2022. Juntamente com o professor Sérgio, elaboramos uma exposição destinada aos estudantes, buscando atrair a atenção para a disciplina.

No dia das inscrições, que ocorreu uma semana após a feira das eletivas (12 de agosto de 2022), acordou-se que as aulas das disciplinas eletivas seriam ministradas todas as sextas-feiras, das 10h15min às 11h45min, totalizando uma duração de 90 minutos por encontro. O processo de inscrições transcorreu de forma bem-sucedida, e após um intervalo de 30 minutos no pátio da escola, dirigimo-nos às salas de aula com a finalidade de realizar uma aula inaugural da disciplina. O contingente de inscritos totalizou 36 estudantes, distribuídos entre 12 do 8º ano e 24 do 9º ano. Dentre esse grupo, havia 5 meninas e 31 meninos. Aproveitando o período de espera pelo professor Sérgio, que totalizou 30 minutos, engajamos em conversas com os estudantes, visando adentrar nos matizes de seus contextos de vida, explorar seus anseios pessoais para o futuro e extrair percepções acerca de tópicos pertinentes para serem discutidos em sala de aula, bem como o grau de interesse na disciplina eletiva de robótica.

Assim, o cenário de pesquisa foi estabelecido: encontros da disciplina eletiva de robótica com estudantes dos 8º e 9º anos do Ensino Fundamental, conforme as estruturas e horários previamente definidos. O desdobramento da pesquisa de campo com essas turmas transcorreu ao longo de várias semanas, compreendendo o período de 12 de agosto a 06 de dezembro de 2022.

3.4 Dinâmica dos Encontros

Os encontros da disciplina ocorreram concomitantemente com as demais disciplinas eletivas da escola, mesmo assim, não nos deparamos com quaisquer impedimentos relacionados à acessibilidade de computadores nas instalações escolares ou à utilização dos laboratórios de informática e física. A estruturação dos horários se manteve constante ao longo de todo o semestre, salvo algumas circunstâncias relacionadas ao calendário escolar.

No âmbito das ações empreendidas durante a pesquisa de campo, nossos encontros foram agendados para os dias 12, 19 e 26 de agosto, 02, 16 e 23 de setembro, 21 de outubro, 04, 11, 18 e 25 de novembro, bem como em 02 e 06 de dezembro. O total

de 12 encontros foram estipulados, sendo que algumas das datas não estavam inicialmente programadas, mas foram acrescidas para proporcionar aos estudantes mais tempo para se dedicarem a seus projetos.

No dia 06 de dezembro aconteceu a culminância das disciplinas eletivas de toda escola. Sendo assim, com relação ao cronograma planejada para as atividades, apresentamos um esquema representativo no Quadro 6:

Quadro 6: Cronograma das Atividades na Disciplina Eletiva de Robótica

Agosto	05 - Feira das eletivas 12 - Encontro 1 - Inscrições e aula inaugural 19 - Encontro 2 - Introdução a programação de robôs 26 - Encontro 3 - Robôs LEGO e programação - Parte 1
Setembro	02 - Encontro 4 - Robôs LEGO e programação - Parte 2 16 - Encontro 5 - Robôs LEGO e programação - Parte 3 23 - Encontro 6 - Robôs LEGO e programação - Parte 4 30 - Questionário de tema (online)
Outubro	21 - Encontro 7 - Roda de conversa com um estudante da engenharia ambiental
Novembro	04 - Encontro 8 - Investigação sobre o tema escolhido 11 - Encontro 9 - Construindo nossa ideia - Parte 1 18 - Encontro 10 - Construindo nossa ideia - Parte 2 25 - Encontro 11 - Construindo nossa ideia - Parte 3
Dezembro	02 - Encontro 12 - Construindo nossa ideia - Parte 4 06 - Culminância e entrevistas com os participantes

Fonte: Acervo próprio

Após a organização dos encontros, a pesquisadora e o professor colaborador decidiram dividir os 36 alunos inscritos em nove grupos de quatro alunos cada. Os grupos foram identificados por crachás coloridos, com o objetivo de facilitar a observação pela pesquisadora e a alocação dos kits de robótica disponíveis.

Essa divisão estratégica não só visava otimizar a identificação dos recursos de robótica, mas também promover uma dinâmica de grupo que permitisse o acompanhamento mais detalhado e sistemático das interações e progressos de cada grupo durante os encontros. A utilização de crachás coloridos como meio de identificação visual imediata contribuiu para uma melhor organização e facilitou a gestão das atividades.

Após a formação dos nove grupos, explicando os passos que seriam adotados. A identificação de cada um foi atribuída aos próprios estudantes, conforme descrito no Quadro 7.

Quadro 7:Distribuição dos Grupos na Disciplina Eletiva

Grupo	Nome	Composição	Turma
1	The teslas	4 meninos	9º ano
2	Tech place	4 meninas	8º ano
3	Minotauro	4 meninos	8º e 9º ano
4	Vasco supremacy	4 meninos	9º ano
5	Animais robóticos	4 meninos	9º ano
6	Cyber TBG	1 menina e 3 meninos	8º e 9º ano
7	Monkey musk	4 meninos	9º ano
8	Tech inside	4 meninos	8º e 9º ano
9	Star robô	4 meninos	8º ano

Fonte: Acervo próprio

Adicionalmente, procedemos à coleta dos números de telefone para a criação de um grupo no aplicativo *WhatsApp*, englobando todos os discentes, o professor e a pesquisadora. Como parte do processo, foram estabelecidos nove grupos de *WhatsApp*, por meio dos quais foram conduzidos formulários e debates pós-encontros.

Durante a aula inaugural, além de expor os contornos da dinâmica da disciplina eletiva, delineando objetivos e a metodologia que foi adotada, foi uma ocasião para apresentar a pesquisadora à turma e esclarecer o motivo de sua presença nos encontros. Fornecemos aos estudantes o TCLE, que destacava os detalhes da pesquisa e suas implicações. Adicionalmente, encaminhamos aos pais e/ou responsáveis uma carta de apresentação da pesquisa, juntamente com o referido termo, visando fornecer informações e obter a autorização para a participação dos estudantes.

Devido ao atraso na obtenção dos consentimentos de participação, algumas ações não puderam ser documentadas em formato de áudio ou vídeo, sendo consignadas exclusivamente no diário de campo, abrangendo as observações da pesquisadora juntamente com as produções dos estudantes.

Posteriormente, procedemos à apresentação da dinâmica da disciplina aos estudantes, visando proporcionar-lhes uma contextualização. Estruturamos essa dinâmica em três etapas sucessivas como mostra a Figura 2.

Figura 2: Etapas da Disciplina Eletiva

Fonte: acervo próprio

Na etapa um, durante os cinco primeiros encontros subsequentes à aula inaugural, os estudantes se engajaram em aulas introdutórias sobre noções de programação no ambiente Scratch da LEGO Mindstorms, simultaneamente à exploração dos sensores e componentes do *kit* de robótica. A ambientação dos estudantes com os equipamentos seguiu algumas das sugestões dadas pela própria empresa, como por exemplo, o rodízio das “funções” de cada membro do grupo, compreendendo as atribuições de líder, construtor, programador e organizador. Tal abordagem teve como propósito garantir que todos os membros participassem de todas as funções, de forma a explorar as habilidades de cada participante.

Para darmos início a segunda etapa, elaboramos um questionário fundamentado em tópicos de interesse manifestados pelos estudantes durante os encontros da primeira etapa, tanto na sala de aula quanto por meio dos grupos de *WhatsApp*. Esse processo teve como propósito a definição de um tema para a elaboração de projetos personalizados por cada grupo de estudantes. Através da identificação da resposta dada à pesquisadora sobre temas de interesse e posteriormente com a aplicação do questionário no Google *forms*, observamos que o tema meio ambiente foi o mais mencionado. Sendo assim, para ajudar os estudantes a conhecer os desafios que o meio ambiente enfrenta, promovemos uma roda de conversa no sexto encontro com um aluno

do curso de Engenharia Ambiental, integrante do projeto EJEAmb[5]. A finalidade desse encontro foi de explorar problemas contemporâneos que usam ou têm potencial de usar as tecnologias atuais para otimizar ações que visam mitigar os impactos ambientais.

Por fim, na etapa três, propusemos aos estudantes a elaboração de um projeto com os *kits* LEGO que solucionasse algum problema do mundo real, obviamente em forma de um protótipo. A proposta tinha como objetivo observar como os estudantes, durante a realização de um projeto de sua autoria, desenvolvem certas habilidades relacionadas ao PC e também como essa abordagem Construcionista poderia contribuir nesse desenvolvimento.

Procuramos nos inserir no ambiente de forma orgânica a fim de poder presenciar de forma natural a dinâmica da sala de aula e suas manifestações espontâneas. Foram através de observações e diálogos que percebemos, por parte dos estudantes, notável conscientização em relação à preocupação ambiental associada à não-biodegradabilidade dos materiais utilizados na confecção dos kits LEGO. Foi a partir de questionamentos como, "para onde vão as peças plásticas e os pneus quando eles não têm mais utilidade?" e “será que só dá para construir esses robôs do manual de instrução? ”, que começamos a identificar oportunidades que se mostravam vantajosas tanto para os principais sujeitos da pesquisa (os estudantes) quanto para o escopo da investigação. Diante disso, desencadeamos a implementação de iniciativas focadas na temática do meio ambiente. Contudo, era imperativo corroborar esse interesse de modo imparcial.

Ao longo dos encontros, promovemos uma imersão junto aos estudantes no universo da programação por meio da plataforma Mindstorms, que tem sua linguagem de programação no ambiente Scratch. Distanciando-nos da abordagem convencional concebida pela empresa LEGO, introduzimos apenas alguns modelos de robôs que explorassem os recursos disponíveis nos *kits* LEGO. Inicialmente, os estudantes tiveram acesso às instruções fornecidas para a montagem de alguns robôs, posteriormente, na terceira etapa nos voltamos para a elaboração de projetos independentes na expectativa que, à medida que construíssem os robôs de autoria própria, eles desenvolvessem capacidade de raciocínio estruturado, organização conceitual, algoritmização, lógico e escalável - em essência, estabelecendo ações compatíveis com o PC.

O conjunto de construção LEGO Mindstorms Robot Inventor 51515, disponibiliza

[5] A EJEAmb, empresa júnior de Engenharia Ambiental, é reconhecida por seus projetos de excelência e preços acessíveis. Localizada na cidade de Rio Claro e vinculada à Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, tendo a missão de impactar positivamente a comunidade por meio de iniciativas voltadas ao meio ambiente desde 2009.

cinco opções para a montagem de robôs. Com base nessa gama de escolhas, a decisão foi tomada no sentido de investigar quatro funcionalidades: o sensor ultrassônico, o sensor de movimento, os dispositivos de garra e os movimentos programados. Mostraremos essas características de forma abrangente em uma subsequente seção.

A respeito dos encontros semanais, nos meses de setembro e outubro, tivemos alguns imprevistos como evidenciado no cronograma e por vezes tivemos os encontros cancelados. Uma ótima alternativa para a continuidade das interações foram os grupos de *WhatsApp*, nesse ambiente virtual, discutimos os interesses dos estudantes em relação à disciplina eletiva. O aplicativo também se revelou instrumental na execução dos formulários destinados a identificar as temáticas que os estudantes gostariam de abordar na disciplina eletiva.

Vale ressaltar que a interação extraclasse desempenhou um papel de relevância primordial no que tange à captação das perspectivas dos sujeitos desta investigação. O entendimento das visões que os discentes detêm acerca de seus respectivos universos configurou-se como uma valiosa contribuição à ampliação de nossa apreensão das decisões por eles tomadas. Por intermédio do mencionado aplicativo, viabilizou-se a submissão de registros relativos às atividades didáticas, fazendo uso de recursos audiovisuais, incluindo descrições em formato de áudio, imagens, e também, em certos casos, segmentos audiovisuais, fomentando, assim, uma abordagem de cunho multifacetado que complementasse a documentação convencional que era realizada por meio de registros escritos durante os encontros, juntamente com o próprio diário de campo mantido pela pesquisadora.

Nesse contexto, mediante os interesses manifestados pelos discentes em relação às temáticas ambientais, a pesquisadora, em colaboração com um estudante de graduação em Engenharia Ambiental da UNESP de Rio Claro, concebeu a realização de uma roda de conversa com o intuito de explorar as problemáticas ambientais tanto em âmbito local quanto global.

No encontro a pesquisadora e o estudante de engenharia João Teixeira[6], procedemos à divisão dos estudantes em três grupos, antecipando a dinâmica de sensibilização que havíamos planejado. Esta atividade envolveu a promoção de uma reflexão coletiva acerca da relevância da solidariedade em apoio a uma causa comum. Além disso, aprimoramos a interação por meio da incorporação de elementos visuais e informações que estimularam a conscientização e a contraposição à disseminação de

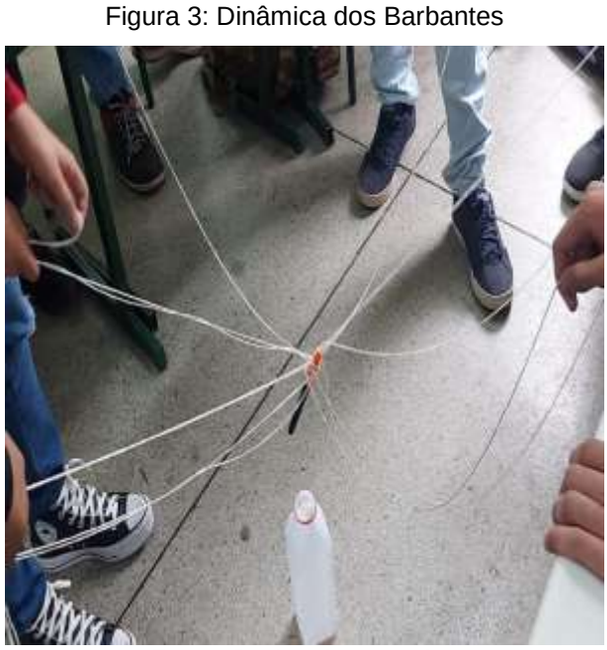
[6] Estudante do terceiro período do curso de engenharia ambiental da UNESP de Rio Claro (SP).

informações incorretas entre os estudantes, incitando-os a considerar os potenciais perigos inerentes às rotinas cotidianas.

As interações desse encontro se mostraram produtivas, propiciando comentários como: "*Olha, não tinha ideia disso, por isso o professor fala que temos que entender os números",* disse um estudante em relação aos dados estatísticos e a importância das projeções desses dados, *"Se não medissem isso, provavelmente não teriam esse controle, e olha que nem estamos em uma situação positiva*", e perguntas como: "*Como mesmo com toda a tecnologia que temos, ainda existem tantos problemas com o lixo? Qual é o problema que tem que ser resolvido para reduzir os danos? "*. Essas perguntas foram "trampolim" para João compartilhar informações acerca das inovações propostas por pesquisadores, destinadas a diminuir os impactos ambientais. Tais abordagens inspiraram alguns estudantes a conceber protótipos próprios, influenciados pelas ideias compartilhadas.

Ao término da exposição conduzida por João, realizamos a dinâmica colaborativa em que os estudantes, munidos de 12 segmentos de barbante, foram desafiados a colocar uma caneta dentro de uma garrafa PET, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Dinâmica dos Barbantes



Fonte: Dados da pesquisa

Esta atividade tinha por objetivo ilustrar a importância da definição de um objetivo comum e da comunicação efetiva entre os participantes para atingi-lo. Uma vez completada a tarefa, procedemos a uma reflexão conjunta e simbolicamente presenteamos os estudantes com mudas de plantas, como um símbolo para perpetuar

as lições extraídas deste encontro. Esses esforços foram direcionados a estimular os estudantes a refletirem sobre micro ações e a reconhecer como pequenos posicionamentos na sociedade fazem diferença, além de considerar o desenvolvimento científico (robótico) para auxiliar o meio ambiente, desempenhando um papel significativo na preservação do planeta.

No encontro seguinte, iniciamos a terceira etapa. Nesta fase, delineada como o escopo central desta investigação, empenhamo-nos em analisar as explorações referentes aos tópicos particulares de cada equipe. Daquele ponto em diante, os encontros foram reservados para a pesquisa conduzida pelos estudantes acerca das discussões de seus protótipos e a subsequente materialização desses projetos. Com base nesse marco, solicitamos aos estudantes que registrassem todo o processo por meio de fotografias capturadas por seus celulares, as quais seriam compartilhadas nos respectivos grupos de *WhatsApp*. Essa estratégia demonstrou um grau razoável de eficácia, embora a vergonha tornasse a gravação de áudios difícil no começo, no entanto, os estudantes cooperavam com anotações durante os encontros.

Nos relatórios entregues, foram registradas as justificativas subjacentes às escolhas temáticas, as informações determinantes que influenciaram essas escolhas e os conceitos preliminares relativos aos protótipos propostos. Os nove grupos deliberaram investigar as seguintes áreas: gestão de resíduos, processos de purificação da água, implementação da coleta seletiva de resíduos, otimização da agricultura e exploração de energias renováveis. Guiados pelas pesquisas empreendidas, procedemos à fase de construção dos robôs, cujas bases foram constituídas exclusivamente pelo conhecimento assimilado sobre os *kits* LEGO e a programação.

No transcurso da etapa três experimentamos uma variedade de emoções, que oscilaram entre contentamento e frustração. Nesta jornada, testemunhamos a manifestação do interesse por parte de alguns estudantes, enquanto outros apresentavam um interesse menos pronunciado. Dentro deste cenário, ao final desta etapa, deliberamos que dos nove grupos participantes, um total de seis grupos havia fornecido informações suficientes para a uma análise. No entanto, os grupos que melhor se alinharam com os propósitos da pesquisa foram os grupos 6, 2 e 1, agora caracterizados como A, B e C, respectivamente. Esses grupos, conceberam os protótipos de uma esteira seletora de lixo, um separador de resíduos e um coletor de lixo.

Ao desfecho, a culminância do projeto englobou as apresentações dos estudantes, durante as quais expuseram seus protótipos, evidenciando as motivações e suas

respectivas relevâncias. No mesmo dia da culminância, reservamos um período de tempo para uma entrevista semiestruturada com cada grupo de estudantes, algumas realizadas antes das apresentações e outras após. As entrevistas adotaram um formato semiestruturado, tendo sido adaptadas especificamente para contemplar as particularidades de cada equipe, abrangendo questões pertinentes a cada contexto singular.

Todas as entrevistas foram registradas em áudio e, subsequente à gravação, foram transcritas. Conforme já anunciado nesta subdivisão, nossa interação com os estudantes se estendeu por 12 encontros nos quais a ênfase foi direcionada para a concepção de protótipos independentes com os *kits* LEGO. Na próxima seção, procederemos à apresentação dos referidos *kits* de robótica LEGO e do ambiente de programação.

3.5 *Kit* de robótica LEGO Mindstorms

O conjunto LEGO Mindstorms é composto por uma combinação de peças provenientes das linhas tradicionais da empresa LEGO, incluindo elementos como motores, eixos, engrenagens, polias e correntes. Além disso, o *kit* é complementado por uma variedade de sensores, tais como sensores de toque, intensidade luminosa, temperatura e distância, entre outros (Brito; Galon, 2016).

Para Adami (2016), a abordagem do LEGO Mindstorms se baseia no princípio do aprendizado lúdico, no qual o componente didático se concentra na exploração prática de conceitos da área de tecnologia. Estudantes se engajam na construção de projetos de robótica utilizando esses conjuntos. As atividades realizadas com o *kit* não somente promovem o desenvolvimento das habilidades psicomotoras, mas também enfatizam o raciocínio lógico. A ideia é baseada na obra intitulada ”Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas” de Seymour Papert.

A proposta da construção de projetos de robótica também tem como propósito auxiliar o desenvolvimento intelectual dos aprendizes (Adami, 2016). *Kits* de robótica da LEGO já foi utilizado em inúmeras Universidades, como a Unesp, no Projeto de Móveis Autônomos e também na Universidade Católica Dom Bosco, com a Coleta de Lixo Médico Utilizando Protótipos de LEGO. Esses projetos participaram de Campeonatos, tais como: Campus Party, maior feira de tecnologia e usuários de computadores do mundo, RoboGames, que é um campeonato de robótica, sediado nos Estados Unidos, e o

RoboCup, cujas competições acontecem anualmente (Adami, 2016).

No caso desta pesquisa, o *kit* que nos interessa é o 51515 – Robot Inventor de 2020, que foi utilizado na disciplina eletiva de robótica. A versão atual pode ser controlada por telefone, *tablet* ou computador utilizando programação por blocos (baseado em Scratch) ou por linha de código em Python. Com esse *kit* temos a possibilidade de construir cinco robôs distintos: MVP, Gelo, Tricky, Charlie e Blast. Cada um com seus anexos e no centro o Brick principal, onde são feitas as programações e controle dos robôs, um sensor ultrassônico, um de luz/cor e motores.

Para cada robô proposto na caixa, existe uma série de atividades separadas com passo a passo que podem ser acessadas pelo *app* no telefone, *tablet* ou computador. A conexão para comunicação é via cabo USB ou *bluetooth, com e*ssas conexões também possibilitam atualização do hub[7] e da programação (LEGO Group, 2020).

3.5.1 Os Robôs do Kit 51515

Conforme mencionado anteriormente, possuímos cinco robôs principais, todos construídos com base no mesmo esquema, embora apenas um de cada vez possa ser montado, devido à utilização das mesmas peças, motores e hub. De acordo com a LEGO Group (2020), cada um desses robôs exibe características distintas em termos de programação e construção. Neste contexto, focaremos nossa atenção em dois deles, Charlie e Tricky, os quais foram explorados durante a fase inicial da disciplina eletiva. A escolha destes robôs se deu em virtude de sua capacidade de oferecer uma interação com os sensores disponíveis no *kit*, uma necessidade premente para a realização das atividades subsequentes planejadas para a disciplina eletiva.

Montando o robô Charlie (Figura 4), conduzimos experimentos visando testar o desempenho da matriz de leds incorporada em seu hub, a fim de manifestar expressões visuais, emitir sons e demonstrar suas capacidades de dança. No estágio inicial da construção do robô, os sensores não foram incorporados; entretanto, à medida que prosseguimos com atividades suplementares, introduzimos o sensor ultrassônico e um sensor de cor. Se programado, quando o sensor de cor identifica a presença da cor vermelha em seu campo de visão, o robô Charlie pode executar alguma ação específica associada a essa cor.

[7] Módulo no qual se encontram a memória, leds e bateria do dispositivo eletrônico.

Figura 4: Robô Charlie

Fonte: LEGO Mindstorms

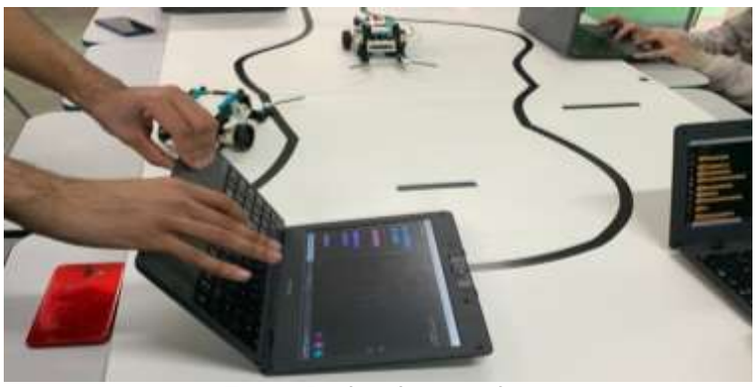
Com o robô Tricky tivemos a oportunidade de explorar a versatilidade do conjunto de peças, conforme ilustrado na Figura 5. Através da interação com o Tricky, pudemos adquirir conhecimento prático em diversas atividades, incluindo design, jogos de basquete, demolição de estruturas em sequência, boliche e também a habilidade de seguir trajetórias definidas.

Figura 5: Robô Tricky

Fonte: LEGO Mindstorms

Por meio da programação e controle preciso dos motores e sensores do robô, conseguimos fazer com que ele acompanhasse uma trajetória determinada pela presença da cor preta em uma superfície sobre a qual o robô se movia (Figura 6). Além disso, realizamos com sucesso um teste no qual o robô lançou uma bola em um cesto, demonstrando, assim, a aplicação prática dos conceitos que havíamos aprendido.

Figura 6: Teste do Robô Seguidor de Linha



Fonte: Dados da pesquisa

A construção e operação deste robô desempenharam um papel crucial no processo de avaliação das capacidades de realizar múltiplas ações simultaneamente. Além disso, serviu como uma maneira de explorar completamente as funcionalidades dos sensores disponíveis.

3.5.2 Linguagem de Programação

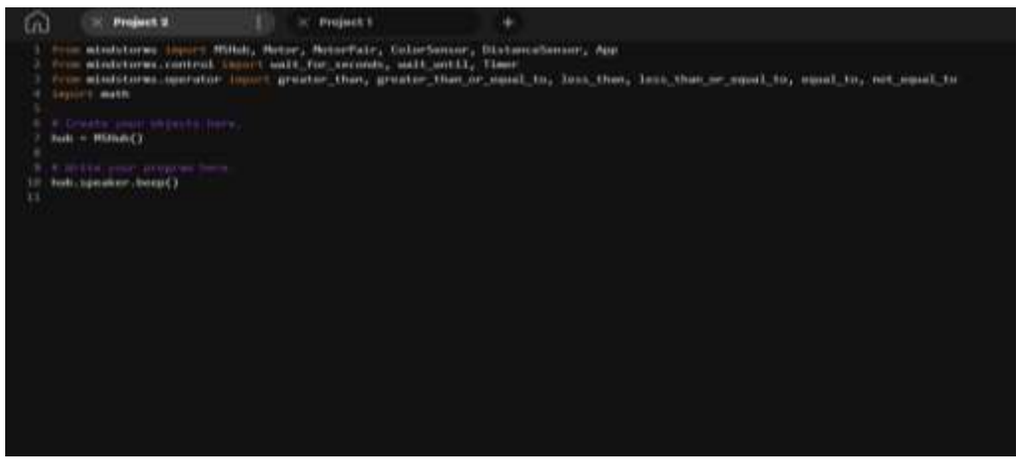
O aplicativo gratuito de codificação LEGO® MINDSTORMS® Robot Inventor inclui uma interface baseada em Scratch, instruções de construção digital e suporte Python para codificadores mais avançados. Esta versão de programação baseada no Scratch desde a sua versão educacional, Spike Prime 45678, pode ser controlada pelo computador, *tablet* e telefone celular. A Figura 7 ilustra a interface da programação.

Figura 7: Interface da Programação em Blocos

Fonte: LEGO Mindstorms

A Figura 8, por conseguinte, ilustra a alternativa adicional de programação para o sistema LEGO, utilizando a linguagem de programação Python.

Figura 8: Interface da Programação em Python



Fonte: LEGO Mindstorms

As duas linguagens são operadas na mesma plataforma, o que facilita a manipulação simultânea de ambas e proporciona ao estudante a oportunidade de desenvolver habilidades e proficiência em cada uma delas. Essa integração não apenas simplifica o processo de aprendizagem, mas também promove um ambiente de ensino diverso, onde os alunos podem aplicar e comparar conceitos de diferentes linguagens de forma fluida e integrada.

3.5.3 Componentes Eletrônicos

O hub (Figura 9) do *kit* é bem menor que o seu antecessor EV3 e não possui mais uma tela, mas sim uma matriz de 5×5 leds. Com esse novo conceito, é possível escrever mensagens apenas com uma letra ou número por vez. Os leds tem controle de brilho e poderão variar de 0 a 100.

Figura 9: HUB

Fonte: LEGO Mindstorms

Ele possui entrada USB para carregamento e comunicação com o computador. Possui seis portas que servem como entrada e saída reconhecendo automaticamente qual o tipo de componente foi acoplado. Ele já vem com comunicação *bluetooth* e por meio dos três botões da frente pode trocar, iniciar ou parar as programações. Uma grande conveniência é que ele já vem com bateria, sem a dependência de recargas frequentes. Cabe ressaltar que ele possui um giroscópio e acelerômetro que identificam a posição em que se encontra (cima, baixo, topo, costas, lado direito e lado esquerdo) e ações como toque, queda e balançar.

O *kit* possui quatro motores (Figura 10). O motor possui um reconhecimento de ponto 0, ou seja, um fim de curso. Com ele você pode executar funções e voltar sempre ao mesmo ponto de início. Esse recurso é utilizado em todos os robôs, sendo que no projeto Grupo B, tentamos explorar essa capacidade, mas com muita dificuldade. A construção é prática, possui acesso de pinos por todos os lados. O giro do motor é forte, e tem acessos dos dois lados, porém não é possível transpassar um eixo por ele, sendo necessário usar um eixo de cada lado.

Figura 10: Motor

Fonte: LEGO Mindstorms

O ultrassônico tem um reconhecimento de distância de até 2,5m em sua versão anterior e agora de aproximadamente 2m. Ele possui quatro leds na sua parte frontal e que podem ser utilizados independentemente. O sensor de cor/luz possui um anel de leds que ajuda a reconhecer as cores à distância, porém a distância exata não é definida pela empresa LEGO. Além dessas características, estes componentes possuem acessibilidade para construção pelas laterais e na parte de trás. Eles possuem uma parte mais cavada para a passagem e dobra do cabeamento fixo (Figura 11).

Figura 11: Sensores Ultrassônico e Cor/Luz

Fonte: LEGO Mindstorms

O *kit* é direcionado para crianças a partir de dez anos, diferentemente do seu antecessor, foi criado para proporcionar uma experiência mais completa utilizando manual já integrado ao sistema de programação facilitando o processo de aprendizagem.

3.6 Organização e análise de dados

A análise de dados é um procedimento que requer considerável reflexão e comprometimento, visando a extração das ideias de cada resposta obtida (Goldenberg, 2013). Este empenho é vital para estabelecer uma interligação minuciosa entre a teoria e os dados gerados. De acordo com Bogdan e Biklen (1999), essa etapa não se limita ao desfecho da pesquisa, mas permeia todo o processo de tratamento dos dados. Seu propósito é alcançar uma ordenação metódica dos materiais produzidos, com o intuito de compreender esses elementos, possibilitando a divulgação das descobertas e criando espaço para futuras direções na pesquisa.

Este processo não segue uma trajetória linear; nele, há inúmeras idas e vindas nos dados. No entanto, essas reviravoltas não resultam em caos e desorganização. Pelo contrário, essas mudanças nos permitem examinar cada detalhe dos dados de maneira mais crítica (Yin, 2016). De acordo com Bogdan e Biklen (1994), inicialmente as coisas se apresentam abertas, ou seja, com uma amplitude maior, e à medida que avançamos, elas se tornam mais específicas e restritas. Essa progressão gradual permite identificar temas interconectados, formando assim um panorama mais abrangente do que os dados estão comunicando.

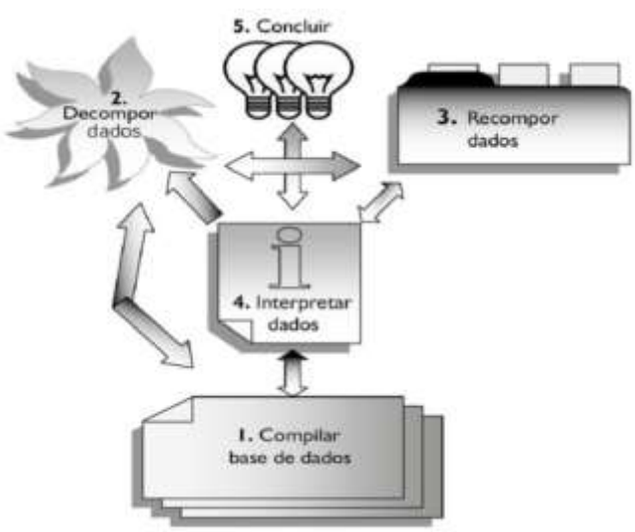
Nessa perspectiva, a pesquisadora teve a oportunidade de indagar e permanecer vigilante em relação às concepções, além de manifestar discordância ou concordância com os dados durante o desdobramento deste processo de investigação, dado que a avaliação é influenciada pelas perspectivas e posições do pesquisador e pelas concepções que este compartilha sobre o tema (Bogdan; Biklen, 1999). Tal postura viabiliza a oportunidade de entrelaçar os procedimentos metodológicos com a perspectiva

de conhecimento da pesquisadora no âmbito da pesquisa em questão (Araújo; Borba, 2012).

As informações usadas neste estudo tiveram como fundamento a participação ativa da pesquisadora como participante observador (Yin, 2016). Além disso, para viabilizar a triangulação dos dados, foram empregados recursos como a gravação de áudio, o registro das aulas referentes aos projetos em desenvolvimento e a realização de entrevistas com os grupos envolvidos. Todas as observações, gravações de áudio, registros das aulas e transcrições das entrevistas passaram pelo processo de transformação em texto, visando a organização dos registros para posterior análise (Yin, 2016).

Durante a observação participante na disciplina eletiva de robótica, tivemos momentos de gravações, anotações dos estudantes, anotações da pesquisadora, os áudios dos diálogos, captura de tela, observação das programações e construções, registros de conversas no grupo de *WhatsApp e* as entrevistas com cada grupo de estudantes. Foi a partir destes registros que iniciamos a nossa análise dos dados. Segundo Yin (2016), a análise deve ser constituída por um conjunto de fases na pesquisa qualitativa, organizadas em um ciclo de cinco fases analíticas: (1) compilar, (2) decompor, (3) recompor (e arranjar), (4) interpretar e (5) concluir, como o esquema na Figura 12.

Figura 12: Ciclo das Cinco Fases Analíticas da Pesquisa Qualitativa



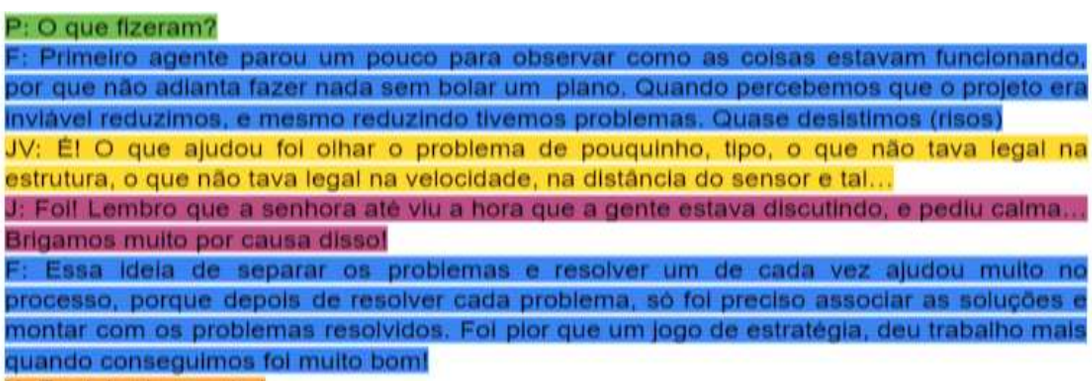
Fonte: Yin (2016)

Na fase de compilação de dados, abrangemos as transcrições de entrevistas, anotações originárias do contexto de pesquisa e documentos correlatos. Implementamos um sistema de arquivamento com a finalidade de facilitar a recuperação dos dados

distribuindo-os por encontro e por grupo, tal organização foi de suma importância para tornar fácil o acesso aos registros.

Para fins exemplificativos, apresentamos um dos registros documentais do Grupo C (Figura 13), que incluía a transcrição da entrevista realizada após a conclusão das disciplinas eletivas. É relevante destacar que optamos por atribuir identificações aos participantes utilizando distintas cores, com o intuito de facilitar a compreensão de quem fez cada menção e o contexto das mesmas. Esses fragmentos ilustram os passos iniciais no processo de codificação dos dados, visando uma análise subsequente. Essa análise foi complementada pela triangulação com outros dados codificados, garantindo uma abordagem mais robusta e detalhada na interpretação dos resultados.

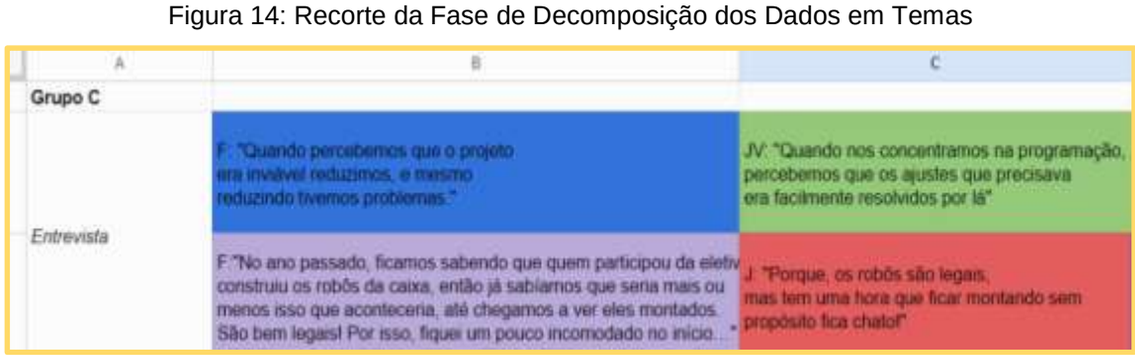
Figura 13: Recorte da Fase Inicial de Codificação dos Dados


P: O que fizeram?
F: Primeiro agente parou um pouco para observar como as coisas estavam funcionando, por que não adianta fazer nada sem bolar um plano. Quando percebemos que o projeto era inviável reduzimos, e mesmo reduzindo tivemos problemas. Quase desistimos (risos)
JV: É! O que ajudou foi olhar o problema de pouquinho, tipo, o que não tava legal na estrutura, o que não tava legal na velocidade, na distância do sensor e tal...
J: Foi! Lembro que a senhora até viu a hora que a gente estava discutindo, e pediu calma... Brigamos muito por causa disso!
F: Essa ideia de separar os problemas e resolver um de cada vez ajudou muito no processo, porque depois de resolver cada problema, só foi preciso associar as soluções e montar com os problemas resolvidos. Foi pior que um jogo de estratégia, deu trabalho mais quando conseguimos foi muito bom!

Fonte: Acervo próprio

Na etapa de decomposição dos dados registrados, dividimos os trechos emergentes de acordo com evidências da manifestação do PC, conforme mostra a Figura 14. Os trechos relevantes das entrevistas, anotações no diário de campo e gravações foram sendo separados, e a partir daí organizados para a etapa de decomposição dos dados.

Figura 14: Recorte da Fase de Decomposição dos Dados em Temas



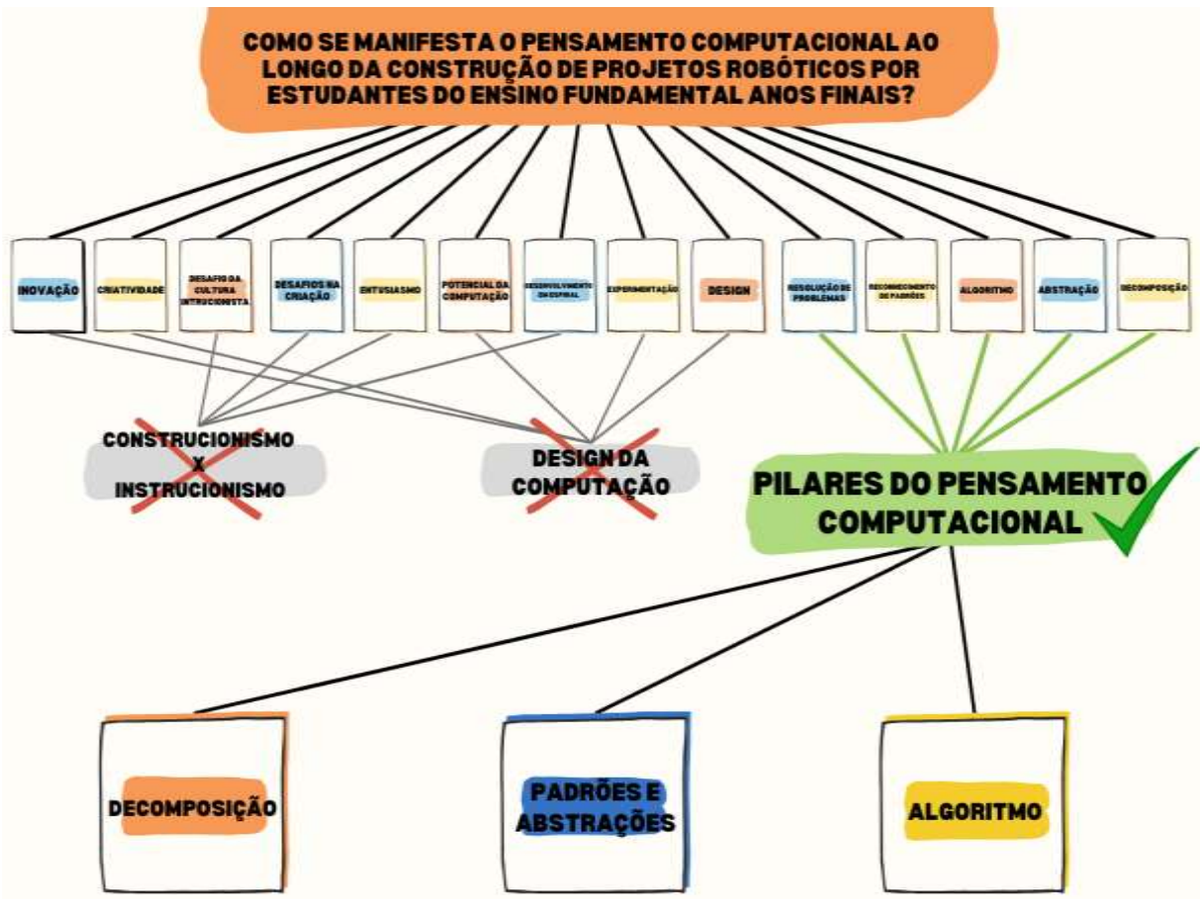
Fonte: Acervo próprio

Com os dados separados de acordo com características que indicavam algum aspecto do PC, constituímos códigos para elencar possíveis categorias emergentes para posteriormente atribuirmos significados. Durante o procedimento de categorização dos dados, foram identificados alguns códigos que se destacavam em relação a manifestação do desenvolvimento do PC, a saber: decomposição, abstração, algoritmo, reconhecimento de padrões, resolução de problemas, design, experimentação, desenvolvimento em espiral, potencial da computação, entusiasmo, desafios na criação, influência da cultura instrucionista, criatividade e inovação, totalizando 14 códigos iniciais.

Após a atribuição dos códigos às diferentes partes dos dados, a análise avançou para a etapa de identificação de padrões, temas e relações entre os trechos codificados. Este procedimento envolveu a análise das semelhanças, diferenças e conexões entre as diversas seções codificadas, como ponto de partida para a interpretação dos dados. Durante a fase de interpretação dos dados, que incluiu processos de decomposição, recomposição e exame das estratégias adotadas pelos estudantes, as informações foram submetidas a uma análise cronológica. Esses processos de análises contínuas foram documentados no diário de campo no decurso das atividades com o objetivo de observar como os elementos do Pensamento Computacional que iam surgindo dinamicamente nos encontros. A partir dessas observações, em conjunto com os dados organizados, buscamos estruturar a análise dos dados desta pesquisa, com o intuito de discernir como se alinhavam aos objetivos da pesquisa.

Como mencionado anteriormente, constatamos 14 códigos para a análise inicial, no entanto, ao sintetizarmos os 14 códigos geramos 3 grandes categorias para discussão, intituladas: Pilares do Pensamento Computacional, Design da Computação e Construcionista x Instrucionista. Entretanto, ao considerar a questão norteadora e pelo prazo determinado para a conclusão de um mestrado, decidimos por proceder com apenas a categoria denominada de "Pilares do Pensamento Computacional". Esta categoria era composta pelos códigos, resolução de problemas, decomposição, reconhecimento de padrões, abstrações e algoritmos, dos quais foram geradas as três categorias de análise dos dados dessa pesquisa a saber: Decomposição, Padrões e Abstrações e Algoritmo. Na Figura 15 apresentamos uma representação visual do que foi descrito.

Figura 15: Fase de Categorização para a Análise dos Dados



Fonte: Acervo próprio

Com base nos padrões identificados no contexto da pesquisa, procedemos à elaboração das narrativas que visam descrever e explicar as principais evidências obtidas. A adoção de uma abordagem cronológica neste processo foi motivada pela percepção de que essa estratégia poderia facilitar a compreensão da dinâmica das evidências emergentes. As características do PC se manifestaram de maneira não linear, mostrando-se de forma aleatória em um ciclo de desenvolvimento contínuo. Assim, essa movimentação aconteceu para facilitar a compreensão das interpretações apresentadas ao leitor, oferecendo uma análise embasada nos dados produzidos e alinhada ao referencial teórico adotado.

Adicionalmente, a análise adotou a estratégia de triangulação, conforme preconizada por Yin (2016), com o propósito de estabelecer compreensão fidedigna do fenômeno estudado e reforçar as conclusões alcançadas. A triangulação consiste em uma abordagem que envolve o uso de múltiplos dados, instrumentos e perspectivas, permitindo uma análise completa e robusta, o que contribui para a validação e a confiabilidade dos resultados da pesquisa (Yin, 2016).

É importante ressaltar que, embora essas etapas pareçam sequenciais e

integradas, a análise de dados qualitativos é um processo iterativo e flexível. É essencial adaptar essas etapas conforme a natureza específica do estudo e em conformidade com as diretrizes do método e da abordagem de pesquisa escolhidos.

Com base nas séries de atividades definidas, as quais levaram à identificação das três categorias mencionadas anteriormente, iremos agora analisar os dados à luz das teorias de referência adotadas. Isso nos possibilitará uma análise dos conceitos destacados ao longo da nossa investigação.

4 MANIFESTAÇÕES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL NA DISCIPLINA ELETIVA DE ROBÓTICA

> Eu acredito que a melhor maneira de ajudar as pessoas a entender o mundo é fornecer-lhes oportunidades para explorar ativamente, experimentar e expressar.
>
> (Mitchel Resnick)

Este capítulo se dedica à análise e discussão dos dados produzidos durante uma disciplina eletiva de robótica em uma escola pública, envolvendo nove grupos de quatro estudantes. Para a análise detalhada, foram selecionados três desses grupos, cujas características se mostraram particularmente relevantes para a pergunta central desta pesquisa: Como se manifesta o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais?

Portanto, os grupos escolhidos para a análise foram os nomeados como Grupo A, Grupo B e Grupo C. Os integrantes desses grupos foram identificados com pseudônimos, a saber: Antonio, Bruno, Carla e Diego no Grupo A; Ana, Beatriz, Carol e Denise no Grupo B; Alisson, Breno, Caio e Danilo no Grupo C.

A análise dos dados revelou uma manifestação progressiva do Pensamento Computacional, conforme as demandas emergem no decorrer do processo de pensamento dos estudantes, durante a resolução de problemas associados à construção de projetos. As evidências serão apresentadas por meio de três categorias de análise identificadas: Decomposição, Padrões e Abstrações e Algoritmos, conforme descrito no Capítulo 2.

É importante destacar que as evidências que deram origem às categorias não emergiram de forma necessariamente linear ou ordenada. Em vez disso, surgiram de maneira complementar, abordando diferentes demandas que cada categoria, individualmente, não conseguia suprir.

A apresentação dos dados seguirá uma abordagem sequencial, onde cada grupo será abordado individualmente. Dentro de cada grupo, descreveremos as categorias conforme emergiram durante o estudo. Optamos por essa estrutura organizacional para permitir que o leitor acompanhe de maneira precisa a evolução do desenvolvimento do Pensamento Computacional em cada grupo durante a elaboração de seus projetos, refletindo fielmente a realidade observada.

4.1 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo A

Iniciaremos a análise com foco nos estudantes Antonio, Bruno, Carla e Diego, integrantes do Grupo A, que se dedicaram ao desenvolvimento de um sistema de esteira separadora de resíduos. Os estudantes se envolveram em um processo de reflexão sobre questões complexas relacionadas aos desafios ambientais contemporâneos. Esse processo se manifestou por meio de conversas com o convidado João e posteriormente a realização de pesquisas na internet. O resultado dessas interações e pesquisas levou os estudantes a definir o foco do projeto do grupo. A escolha desse projeto reflete a compreensão e as motivações dos estudantes, como expressas no seguinte recorte da entrevista:

> **Pesquisadora:** Por que vocês escolheram fazer uma esteira separadora?
> **Bruno:** Lembra daquela vez que o palestrante veio? Ele disse que muitos materiais não são reciclados porque não temos um jeito eficiente de coletar. Aí pensamos que se tivessem umas máquinas que conseguissem reconhecer e separar os materiais, isso seria um bom começo para pensar numa solução para esse problema.

O Grupo A, ao justificar sua escolha pela utilização da esteira, fundamentou-a na perspectiva de ampliar a quantidade de materiais suscetíveis à reciclagem. Esta decisão decorre do entendimento de que quanto maior for a quantidade de materiais sujeitos a tratamento e reciclagem, menor será a necessidade de descarte inadequado em aterros sanitários, viabilizando, assim, a realocação destes materiais no ciclo de reciclagem. Tal abordagem, reflete o compromisso do Grupo A em minimizar os impactos negativos associados ao descarte de resíduos sólidos. Portanto, a escolha da esteira como ferramenta de triagem material demonstra um enfoque consciente e responsável na busca por soluções para o problema proposto.

A seleção do tópico de investigação emergiu como resultado de um processo iterativo de deliberação por parte do Grupo A, sendo precedida por inúmeras discussões substanciais. Antes de solidificar sua escolha, os membros do grupo engajaram-se em uma análise conjunta e colaborativa de diversos domínios de interesse no contexto de seu coletivo. Neste contexto, Bruno manifestou seu interesse em explorar questões relacionadas ao clima como um possível ponto de partida para sua pesquisa. A partir desse ponto, seus colegas começaram a engajar-se em um diálogo reflexivo e construtivo, visando a refinar a definição do tópico, dada sua complexidade e amplitude.

O excerto do diálogo subsequente ilustra parte desse processo:

> **Bruno:** Pessoal, vamos pesquisar sobre efeito estufa e mudanças climáticas; com certeza podemos criar um robô que minimize os impactos.
> **Antonio:** Bruno, calma aí, isso é algo muito complicado; não acho que seja possível criar algo que resolva isso.
> **Carla:** Olha, realmente, deve ter muita coisa envolvida...
> **Bruno:** Mas podemos pensar em algo menor, tipo, alguma das causas? Quais são as causas mesmo?
> **Antonio:** Eu não sei exatamente, tem a ver com a poluição…
> **Pesquisadora**: Podemos procurar nos *sites* que o João deixou.[8]
> **Carla:** Vamos fazer uma pesquisa sobre aquecimento global…

Esse processo deliberativo reflete o esforço do grupo em alcançar um consenso fundamentado e, ao mesmo tempo, considerar a relevância do tópico selecionado para suas metas de pesquisa. Essa abordagem evidencia a humanização do processo decisório, à medida que a escolha do tópico é forjada em um ambiente de diálogo e consideração das perspectivas individuais e coletivas.

Após algumas pesquisas, os estudantes constataram que o desafio em questão apresentava uma complexidade substancial. Entretanto, durante a análise, identificaram uma parcela considerável do problema relacionado ao acúmulo e à gestão de resíduos, como exemplificado no diálogo a seguir:

> **Bruno:** Olha o que o João disse!
> **Antonio:** A falta de organização dos lixões prejudica muito o meio ambiente, eles produzem gases poluentes. Sem falar no estrago no solo. Acaba sendo um ciclo destruidor porque sem um solo saudável não há como plantar mais árvores, e sem árvores, como produzir mais oxigênio? Dava para diminuir o prejuízo, nem tudo é lixo no lixo… (Fazendo referência a Figura 16).
> **Carla:** Ok! Mas o que a gente pode fazer em relação a isso?
> **Diego:** Ele (João) tinha falado em coleta seletiva do lixo…?
> **Bruno:** Falou!

Embora não seja explicitamente mencionado no diálogo, a pergunta o que podemos fazer em relação a isso? Evidencia uma das primeiras manifestações que podemos relacionar ao PC, pois sugere que os estudantes estavam começando a pensar

[8] Referência aos *sites* que o palestrante João indicou aos estudantes, *sites* confiáveis como: https://ejeamb.com.br/blog/; https://www.wwf.org.br e https://www.greenpeace.org/.

em soluções práticas, ou seja, em desenvolver algoritmos ou planos de ação para abordar o problema. A coleta seletiva do lixo, mencionada por João e confirmada por Bruno, é uma forma de algoritmo que poderia ser implementado para lidar com o problema dos lixões. Na Figura 16, temos uma das notícias que deu início a discussão dos estudantes.

Figura 16: Notícia que Iniciou a Discussão

ECOCÂMARA

LIXO E AQUECIMENTO GLOBAL, QUAL A RELAÇÃO?

Durante as duas últimas semanas, a exposição "Nem Tudo é Lixo no Lixo" foi destaque na Câmara mostrando os benefícios sociais alcançados pela coleta seletiva, implantada nos últimos cinco anos. A exposição deu a chance de se conhecer a história de vida de 150 famílias que tiram seu sustento da atividade de seleção de materiais recicláveis.

Além de contribuir com a inclusão social, o tratamento adequado do lixo é capaz de prevenir que a vida no planeta seja extinta. Exagero? Veja por que não.

Fonte: Núcleo de Gestão Ambiental da Câmara dos Deputados[9]

Ao refletir a importância do problema do lixo, fazendo referência aos questionamentos trazidos pelo palestrante e estudante João, do Curso de Engenharia Ambiental, eles delimitaram e chegaram à conclusão de que o problema que desejavam abordar era da coleta de resíduos, mais especificamente sobre otimizar o processo de coleta seletiva do lixo.

O processo de construção de protótipos no contexto descrito envolve não apenas a fase prática, mas também a fase de planejamento e concepção. Os aspectos que envolvem a materialização robô, nesse caso, a busca por um problema a ser investigado, culminou em um protótipo idealizado pelos estudantes. Nesse sentido, entendemos que o planejamento para a materialização foi parte intrínseca do processo de construção. Por esse motivo, percebemos que o PC se mostra não apenas na fase de execução prática, mas também na fase conceitual e de planejamento.

Durante o processo de investigação visando a definição do protótipo do Grupo A, os estudantes direcionaram seus esforços para focalizar um desafio específico: aprimorar a prática da coleta seletiva de resíduos, com o intuito de otimizar o seu projeto de robótica. Nesse contexto, essa abordagem evidenciou características do PC, na qual a estratégia

[9] Link da notícia: https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/gestao-na-camara-dos-deputados/responsabilidade-social-e-ambiental/ecocamara/noticias/lixo-e-aquecimento-global-qual-a-relacao-1

de decompor um problema complexo em componentes menores e mais gerenciáveis possibilitou uma análise e, consequentemente, uma solução mais eficiente, como mencionado por Brackmann (2017). A decomposição manifestada durante esse processo permitiu a identificação de marcas distintivas do PC no modo como os estudantes desmembraram a problemática da coleta seletiva. O diálogo entre os participantes oferece indícios dessas manifestações:

> **Carla:** Já que sabemos qual o nosso tema, que tal decidirmos como vamos fazer?
> **Diego:** Primeiramente, precisamos entender qual o problema na separação do lixo e depois decidimos como aplicar uma solução.
> […]
> **Carla:** Acho que a questão aqui é o tempo, não dá para pegar uma equipe de pessoas e fazer essa separação de materiais de maneira manual, demoraria muito. Daí o motivo da automação ser uma alternativa, o robô é mais rápido.
> **Antonio:** Vamos fazer o robô reconhecer os objetos, e ela separa, só precisamos pensar em como fazer isso…

No começo, o grupo deparou-se com um tema amplo e complexo, semelhante a um problema que precisa ser decomposto em partes menores e gerenciáveis. Através de discussões e pesquisas na internet, eles identificaram uma parte específica do problema que poderiam abordar com mais eficácia, demonstrando a importância da capacidade de analisar um problema complexo e quebrá-lo em partes menores e mais gerenciáveis.

Outro ponto que vale ressaltar é que foi evidenciada a sensibilidade dos estudantes em relação à sua realidade local, demonstrando sua preocupação com questões ambientais e de sustentabilidade. Isso se mostra quando os estudantes mencionam a conversa que tiveram com o estudante João, que destacou a presença de um dos maiores aterros sanitários da região sudeste no entorno da cidade de Rio Claro. Essa conversa fez com que os estudantes questionassem a gestão de resíduos sólidos na cidade, incluindo a coleta nos ECOPONTOS[10] e o processo de seleção e destino dos materiais. Comprometeram-se, então, a buscar informações detalhadas sobre esse assunto, visando compreender a coleta seletiva de resíduos.

Esse episódio ilustra a preocupação dos estudantes com questões ambientais locais e seu engajamento na busca por soluções tecnológicas inovadoras para abordar os desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos, demonstrando uma abordagem

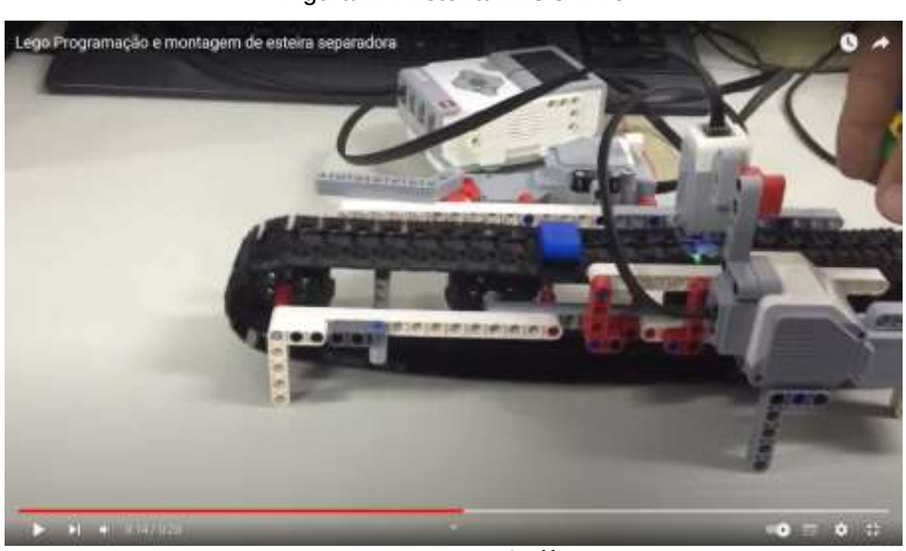
[10] Locais ecologicamente corretos para o descarte de materiais recicláveis disponíveis na cidade de Rio Claro (SP).

interdisciplinar que integra sensibilização ambiental e aplicação prática da robótica.

Após as delimitações, os estudantes envolvidos direcionaram suas atividades para a identificação de projetos de robótica voltados à separação de resíduos sólidos. Este segmento investigativo visava localizar e analisar propostas existentes nessa área.

Através de um processo de discussões e avaliações, a equipe encontrou, por meio de recursos disponíveis na internet, um projeto específico que objetivava a construção de uma esteira para a separação de peças com base em critérios de cor, em que uma imagem de um vídeo do *YouTube* é mostrada na Figura 17. O referido projeto apresenta similaridades operacionais com os sistemas de separação de materiais em ambientes industriais, sendo desenvolvido com base na tecnologia oferecida pelo *kit* educacional LEGO EV3, semelhante ao que tinham à sua disposição.

Figura 17: Esteira LEGO EV3



Fonte: YouTube[11]

Motivados por essa descoberta, os estudantes engajaram-se no processo de concepção e desenvolvimento deste projeto de esteira, dado o potencial para aplicação na temática de separação de resíduos sólidos. Este marco representou o início formal das atividades práticas, envolvendo a implementação e construção do protótipo concebido. A partir desse ponto, os esforços foram direcionados à materialização da proposta teórica em um modelo operacional, inaugurando assim uma etapa crucial no percurso deste estudo.

No presente episódio, emerge uma série de manifestações relacionadas ao PC,

[11] Vídeo completo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=XUz7fxsM-SE. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

notadamente evidenciadas durante a ação dos estudantes que, ao identificarem um projeto preexistente relacionado a uma esteira de separação de peças por cor, optaram por adaptá-lo a uma aplicação na separação de resíduos sólidos. Tal processo demonstrou uma habilidade intrínseca ao algorítmico, permitindo a reconfiguração de um projeto de acordo com suas necessidades particulares, conforme o que foi dito pelo estudante Antonio: Podemos pensar em algo nesse sentido, é só adaptar para o que queremos.

Nesse cenário, os estudantes examinaram o sistema em sua totalidade, identificando como componentes específicos poderiam ser ajustados e interligados a fim de solucionar um problema complexo. Em consonância com as ideias de Resnick (2017), a capacidade de abstrair é de fundamental importância para a aplicação de ideias originais em um contexto distinto, sendo exemplificada nesse momento pela aptidão dos estudantes do Grupo A em abstrair conceitos e componentes do projeto original para empregá-los em um novo contexto.

O desenvolvimento desse projeto envolveu a resolução de problemas em várias etapas, mas especificamente nesta etapa, os estudantes precisavam projetar a esteira, programar os sensores e motores, definir critérios de separação com base na cor e lidar com desafios técnicos ao longo do processo. Essa abordagem metódica e iterativa reflete o PC na sua essencial associação com a resolução de problemas. Os estudantes se envolveram, além de tudo, na criação de soluções por meio da programação e da criação de sistemas. Eles projetaram e construíram um sistema de separação de resíduos sólidos com base no modelo encontrado, e durante esse processo demonstraram como o PC vai emergindo.

Além disso, o PC com suas características de algoritmo se demonstrou durante a colaboração e comunicação eficaz no compartilhamento de ideias (busca por um tema), na solução do problema (separação do lixo) e na implementação de soluções (criar uma esteira), conforme relato, por exemplo, da estudante Carla, “vamos organizar essa ideia do zero, preciso que me ajudem a pensar sobre como vamos fazer para construir a nossa própria esteira, do jeito que a gente precisa”. Esse recorte destaca a importância da colaboração em equipe e da comunicação eficaz para atingir metas comuns (Resnick, 2017).

Também foi notável que, em certo momento, houve uma preocupação sobre como os estudantes conseguiriam fazer a esteira funcionar. Eles esperavam que o vídeo encontrado no YouTube mostrasse orientações sobre como montar e programar a

esteira, assim como nos modelos fornecidos pela LEGO. Esta postura pode ser correlacionada com a falta de incentivo ao desenvolvimento da autonomia que os estudantes vivenciaram ao manipular as diretrizes fornecidas nos conjuntos de LEGO. Anteriormente, eles haviam construído todas as estruturas seguindo minuciosas orientações do fabricante dos dispositivos robóticos.

Esse cenário ilustra de forma clara o problema que pode advir da cultura instrucionista, como destacado por Papert (1985). Quando os estudantes estão acostumados a seguir passos específicos e detalhados para construir algo, eles podem ficar dependentes desse tipo de orientação e, consequentemente, enfrentar dificuldades quando se deparam com desafios que exigem criatividade e autonomia.

No entanto, a dificuldade mencionada parece ter uma solução viável, uma vez que foi observado que, durante o desenvolvimento de seu projeto, os estudantes demonstraram um crescente desenvolvimento da autonomia. Aspectos notáveis incluíram a iniciativa de conceber e implementar um projeto fundado em seus próprios interesses, notadamente a esteira, a qual se revelou como uma proposta inovadora para a problemática da separação adequada do lixo. Esse comportamento demonstra a capacidade dos estudantes em exercitar sua criatividade e desenvolver autonomia quando expostos a desafios atingíveis e desprovidos de limitações prescritivas. A progressiva emancipação dos padrões instrucionais foi um resultado notável.

Além disso, é pertinente destacar que a constatação revelou a importância de harmonizar abordagens instrucionais com oportunidades que estimulem a exploração autônoma. Essas conclusões derivam das percepções compartilhadas durante a entrevista, pois, ao indagar sobre a experiência de construir robôs sem orientações prévias, os participantes expressaram opiniões quase unânimes, conforme apresentado no recorte a seguir:

> **Antonio:** Olha, vou ser sincero, no começo foi muito complicado, não estamos acostumados com isso, é mais fácil seguir o manual, mas aí ficávamos limitados com as ideias. Já com a montagem de algo nosso, não tinha limite.
> **Diego:** Também acho que se não tivéssemos um pouco de noção para começar não iríamos conseguir construir nada. No começo foi necessário, mas depois foi importante não ter nada para nos prender, assim, conseguimos ser mais criativos. Olha, vou ser sincero, no começo foi muito complicado, não estamos acostumados com isso, é mais fácil seguir o manual, mas aí ficamos limitados com as ideias.

À medida que os discentes começaram a se envolver com o processo criativo de conceber sua própria esteira e confrontar a necessidade de programar soluções customizadas, observamos que eles manifestavam habilidades associadas ao PC.

> **Diego:** Carla, vamos tentar montar a esteira como vimos no vídeo.
> **Carla**: Ok! Por onde quer começar?
> **Antonio:** Podemos observar o movimento enquanto alteramos o código, assim vemos como ela funciona. Já que o vídeo não mostra isso, vamos ter que criar a programação.
> **Diego:** Não deve ser difícil, o movimento parece com o movimento do carro (fazendo referência ao robô Tricky), na programação vamos partir daí, já na estrutura, vamos pôr as rodas (roldanas) embaixo da esteira para elas girarem.

Nesse diálogo, observamos a oportunidade de realizar testes e obter *feedback* imediato, o que proporcionou o surgimento da dimensão criativa à medida que os estudantes exploraram diversas abordagens para viabilizar o funcionamento da esteira. Ao experimentarem os componentes e a lógica operacional dos robôs, incluindo o robô Tricky, eles estabeleceram as bases para a criação intuitiva de algoritmos de controle, revelando assim, aspectos relacionados ao reconhecimento de padrões para a estruturação de suas ideias. Ainda sobre a entrevista, quando questionados sobre a nova metodologia da disciplina a partir da terceira etapa, revelaram que a autonomia na criação foi essencial para o desenvolvimento do PC e de novas conexões entre os conhecimentos preexistentes e os novos assimilados.

> **Carla:** No início, estávamos bem inseguros. Eu fiquei pensando, "Será que a gente vai conseguir fazer isso funcionar?". Mas aí fomos lembrando de algumas coisas que já sabíamos e começamos a resolver cada problema um de cada vez. Isso ajudou a gente a se sentir mais confiante.
> **Antonio:** Deu medo! Mas no final deu tudo certo, montamos estratégias e fomos seguindo até dar certo.
> **Diego:** Foi desafiador, mas cada vez que nos deparamos com algo que não sabíamos resolver, pensamos em olhar por partes, assim parecia a montagem de um quebra-cabeça e aos poucos foi tomando forma.

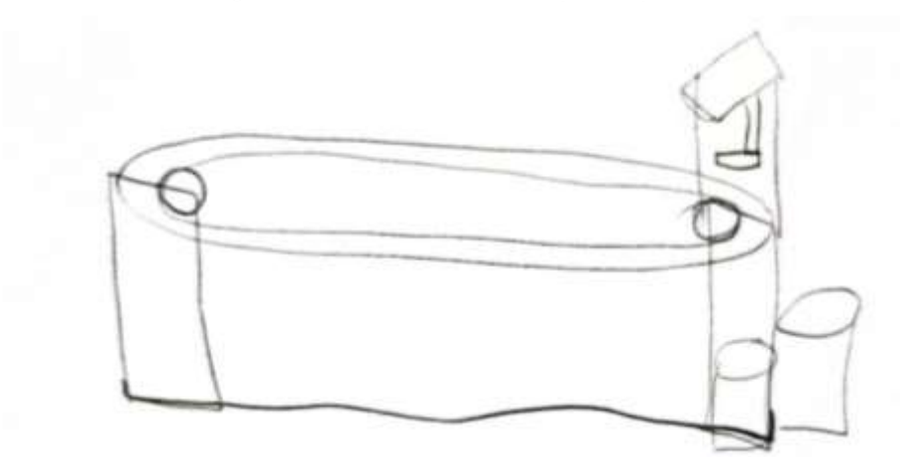
Foi observado que, quando a pesquisadora e o professor colaborador propuseram uma metodologia que oferecia liberdade para os estudantes criarem projetos de sua concepção, percebemos o desenvolvimento de estratégias pelos estudantes que demonstraram semelhanças com os pilares do PC. Esse ambiente contribuiu à medida

que os estudantes assumiram a responsabilidade por suas decisões, adotando abordagens independentes para enfrentar os desafios apresentados e adaptando suas soluções diante de novos obstáculos. Ao identificarem as semelhanças e adaptá-las aos seus projetos, revelaram grande capacidade de abstração na construção de seus protótipos e essa capacidade foi fomentada pela autonomia, não apenas concedendo liberdade de ação, como também o estímulo necessário para o desenvolvimento de habilidades do PC.

Conforme mencionado por Liukas (2015), o PC é percebido através das capacidades humanas, tais manifestações estão relacionadas ao pensamento lógico, a habilidade de reconhecimento de padrões, raciocinar através de algoritmos, decompor e abstrair um problema. Além disso, o PC é saber usar o computador como um instrumento de aumento do poder cognitivo e operacional humano – em outras palavras, usar computadores, e rede de computadores, para aumentar nossa produtividade, inventividade e criatividade (Blikstein, 2008). Pensar computacionalmente, acaba sendo um ato criativo.

Durante os primeiros passos do desenvolvimento do projeto do Grupo A, Bruno demonstrou inquietação na organização das próximas etapas. A montagem da esteira começou a gerar seus primeiros problemas e o estudante mencionado encontrou uma maneira criativa de organizar as ideias do grupo. A estratégia adotada pelo estudante despertou nossa atenção, ao optar por utilizar representações visuais para ilustrar seu projeto, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18: Desenho do Protótipo Grupo A



Fonte: Dados da pesquisa

Indagamos os estudantes acerca da razão pela qual optaram por representar suas ideias por meio de desenhos em papel, especialmente considerando a simplicidade do

processo de montagem durante as experimentações. A resposta mais objetiva, conforme expressa por Bruno, foi: Para ficar clara a nossa ideia precisamos testar. Diante dessa afirmação, nos interessamos em compreender a intencionalidade subjacente aos desenhos e em que medida o ato de elaborar um projeto visual está associado aos processos cognitivos dos estudantes. Buscamos verificar se essa prática pode ser considerada um ponto de partida significativo para a materialização das concepções, explorando, assim, a possível relação com o PC.

Em consonância com Gadanidis *et al.* (2017, p. 90), os elementos tangíveis são "transformados em código ou objetos algorítmicos que podem ser manipulados, listados, impressos, desenhados, grafados e assim por diante". Observamos, assim, que ao expressarem suas ideias por meio de elementos tangíveis, os estudantes estão visualmente representando o PC. A manifestação de característica de algorítmico e de padrão e abstração nos desenhos permitiu aos estudantes compartilharem suas convergências e divergências de ideias, contribuindo para o aprimoramento do projeto. Analisemos a perspectiva dos estudantes em relação a esse comportamento, conforme evidenciado no trecho da entrevista apresentada.

> **Pesquisadora:** Quando vocês estavam desenvolvendo o projeto, vocês fizeram esses desenhos (mostrando os desenhos). Porque faziam desenhos? Em que ajudava?
> **Carla:** Ajudava muito, principalmente para tirar a ideia da cabeça e mostrar para os colegas o que queríamos fazer.
> **Pesquisadora:** E vocês, concordam com ela?
> **Diego:** Sim!!! (Confirmou convicto)
> **Pesquisadora:** Por que?
> **Antonio:** Assim, quando estávamos pensando em montar a esteira, não dava para saber se ia dar certo, e na mente da gente a ideia vem cheia de detalhes, que falando não era possível descrever. O desenho ajudou a vermos a ideia como um todo e a ver o que realmente precisa ser feito, o que era viável ou não.
> **Pesquisadora:** Vocês acham que o desenho ajudou a perceber detalhes importantes da ideia?
> **Diego:** Exatamente, com os desenhos víamos o que era importante e o que era apenas detalhes pequenos. Em relação às coisas pequenas, não investimos tanto tempo nelas, e focamos na estrutura principal, afinal tínhamos pouco tempo.
> **Pesquisadora:** Podem me dar um exemplo?
> **Carla:** Quando fizemos esse aqui (apontando para um dos desenhos mostrados), vimos que a altura seria importante, já que queríamos por um caminhão para pegar os materiais, e também vimos que teríamos que instalar o leitor de cores

> no meio dos motores, o que fez com que pensássemos em dividir a construção em três etapas, o movimento, a estrutura e a usabilidade do robô.

Durante a interação entre os estudantes e a pesquisadora, observamos que a criação de desenhos desempenhou um papel crucial no processo de concepção e estruturação das ideias. Além disso, essa prática revelou-se fundamental para a elaboração de estratégias e algoritmos que facilitassem a realização da construção, como ilustrado pela declaração da estudante Carla, que mencionou: o que fez com que pensássemos em dividir a construção em três etapas [...]. Nesse contexto, a representação visual permitiu a especificação dos processos envolvidos na construção, evidenciando a decomposição de uma ideia em partes gerenciáveis.

Além dos indícios mencionados, o diálogo mostra relações intrínsecas com aspectos do PC, especificamente a abstração. O processo de criar desenhos para representar as ideias do projeto evidencia o conceito de abstração. Quando Bruno estava tentando simplificar conceitos complexos, usou as ilustrações visuais que podiam ser facilmente compartilhadas e compreendidas pelos membros da equipe. Nesse caso, a abstração ajudou a isolar e destacar os elementos essenciais da ideia, permitindo que os estudantes se concentrassem nos aspectos críticos do projeto, como a altura e a localização do leitor de cores.

Além disso, o diálogo também revela a manifestação do algoritmo na análise dos desenhos, pois quando os estudantes mencionam que esses ajudam a identificar o que é importante e o que são apenas detalhes, estão, na verdade, desenvolvendo critérios para priorizar elementos.

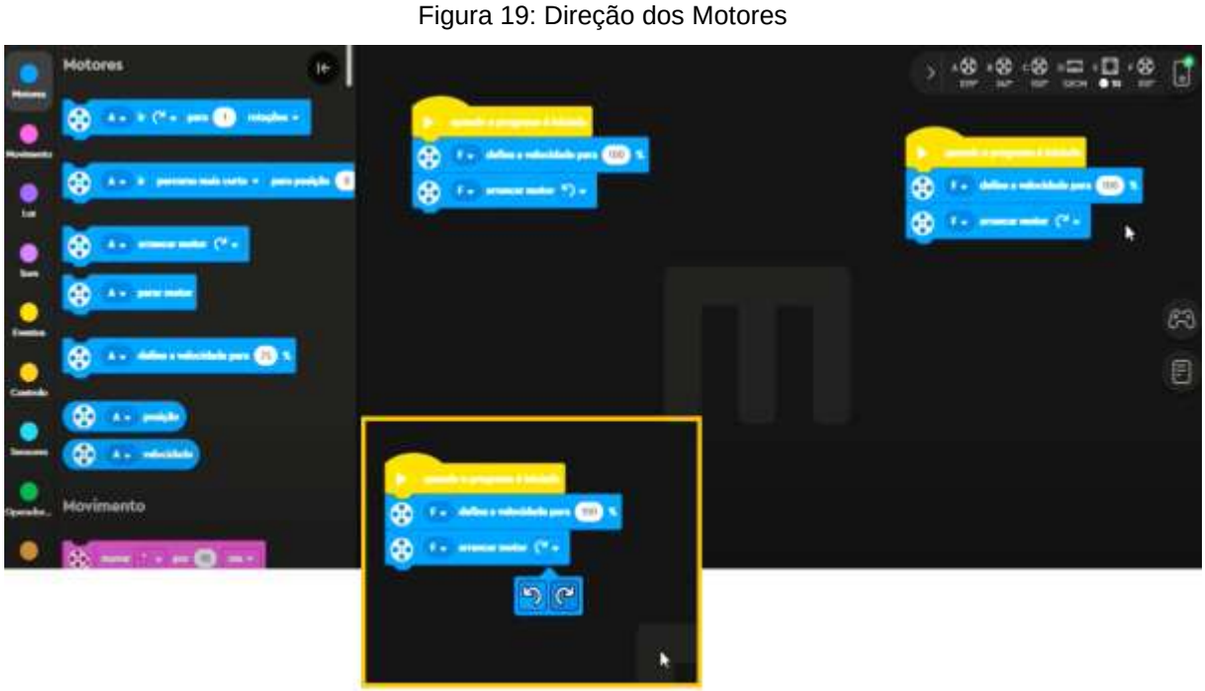
Além dos esboços elaborados previamente, o grupo de estudantes deparou-se com o desafio de concretizar sua ideia inicial para a esteira, que se baseava no primeiro desenho produzido. Nesse contexto, observamos que Antonio e, sobretudo, Diego, que possuía mais contato com programação, inicialmente assumiram a responsabilidade pela programação do robô. Todavia, ao longo do processo de construção, houve uma orientação para que todos os membros participassem ativamente em todas as etapas necessárias para a construção do robô. Contudo, ao longo da execução do projeto, alguns estudantes acabaram assumindo papeis mais proeminentes em determinadas áreas, embora isso não tenha sido encarado como um aspecto negativo, uma vez que todos contribuíram de maneira colaborativa em diversas etapas do projeto.

Um dos desafios marcantes durante a construção da esteira foi devido à diferenciação da execução dos motores.

Pesquisadora: O que houve?
Antonio: Eu acho que elas estão girando diferente uma da outra.
Pesquisadora: Qual velocidade colocaram na programação?
Diego: 100%
Antonio: Os dois?
Diego: Sim! Espera, estão rodando ao mesmo tempo? Eles travam e a esteira não roda…
Antonio: Tenta de novo…
Diego: Calma, calma… vamos tentar um de cada vez.

Os estudantes enfrentaram um problema complexo (a esteira não estava funcionando adequadamente), e a ação principal que eles tomaram foi dividir esse problema em partes menores e mais gerenciáveis. Os estudantes procederam desligando um dos motores para testar individualmente, e observaram que um deles girou. O mesmo processo foi repetido com o outro motor, e o resultado foi o mesmo. Após conduzirem esses testes iniciais, os estudantes concluíram que a fonte do problema residia na programação individual de cada motor, suas orientações eram divergentes, como mostra a Figura 19.

Figura 19: Direção dos Motores



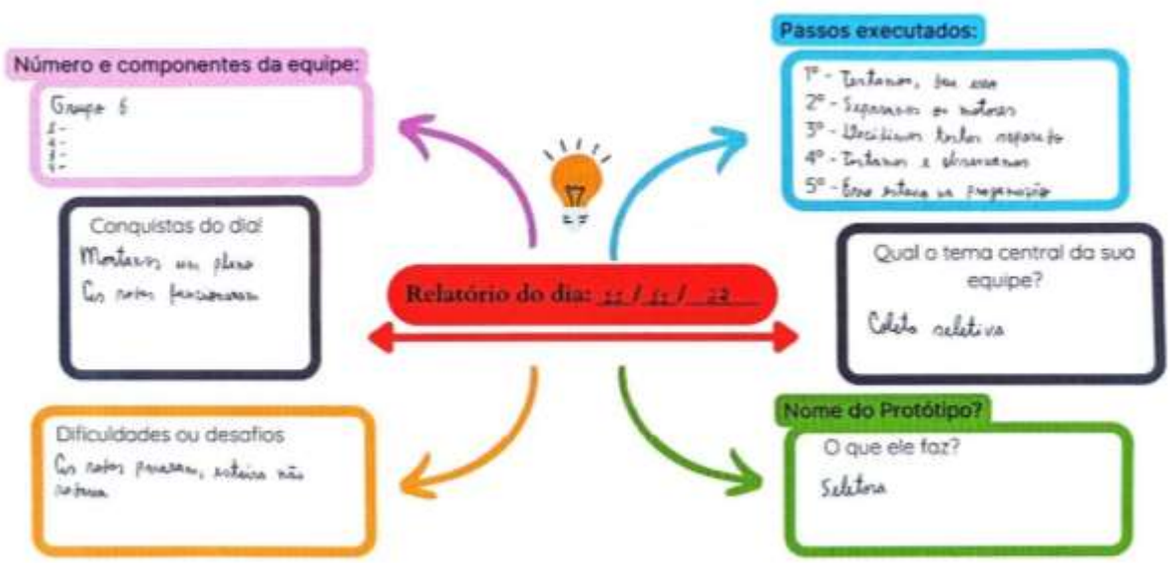
Fonte: Dados da pesquisa

Os participantes procederam com o isolamento dos motores, com o intuito de

observar o funcionamento individual de cada componente. Constataram que a problemática identificada não residia na estrutura física construída, mas sim na programação dos motores. Ao inserirem comandos para cada motor em direções opostas, anularam o movimento desejado. Este processo de decomposição possibilitou uma abordagem mais focada na solução desse problema e evidencia a relevância deste princípio do PC no contexto analisado.

As anotações preenchidas pelos estudantes e entregues à pesquisadora ao término de cada encontro também corroboram o método adotado para solucionar a questão. Este registro reflete um pensamento organizado e alinhado com a resolução do problema enfrentado naquela ocasião, como apresentado na Figura 20 em Passos executados. Vale ressaltar que tal abordagem se encontra em sintonia com os conceitos de decomposição e algoritmo, conforme descritos por Brackmann (2017).

Figura 20: Relatório de Encontro 9



Fonte: Dados da pesquisa

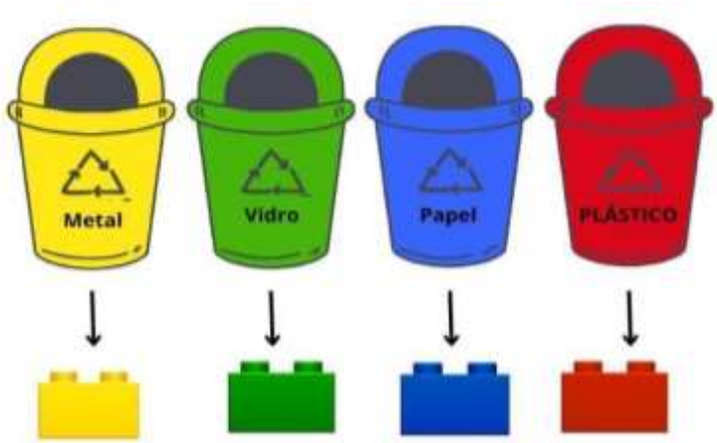
A interação entre a pesquisadora, Antonio e Diego reflete o processo algorítmico para solucionar o problema. Eles adotam uma abordagem sistemática ao seguir uma sequência de passos lógicos na tentativa de elaborar uma estratégia para resolver o problema. Isso inclui verificar as configurações de velocidade de programação e tentar isolar os motores como parte do processo de identificação da causa subjacente ao travamento da esteira. Esse processo demonstra de forma evidente a manifestação de algorítmico na resolução de problemas.

No diálogo, constatamos que, no decorrer dos testes e das indagações suscitadas

durante o enfrentamento do problema, os discentes estavam abstraindo a complexidade do sistema. Conforme destacado por Brackmann (2017), essa abstração envolve a concentração em um aspecto específico, sendo que, nesse contexto, o enfoque recaiu na identificação da causa da falha na operação da esteira. Importa ressaltar que a habilidade de efetuar ajustes e avaliar imediatamente suas repercussões desempenhou um papel fundamental na resolução do mencionado problema.

Frente a outro desafio, os estudantes Carla e Bruno empenharam-se na montagem da estrutura destinada à operação da esteira e do dispositivo seletor de cores, enquanto Antonio e Diego assumiram a responsabilidade de programar o funcionamento da esteira e do referido seletor. Inicialmente, o processo de montagem prosseguia sem contratempos significativos, pois estava condicionado principalmente às dimensões da esteira. Assim que as medidas que o grupo considerava ideais para o transporte das peças representativas dos materiais recicláveis foram estabelecidas, a equipe de estudantes deu início ao processo de estruturação. Importa salientar que esses materiais seriam identificados e separados com base nas respectivas cores, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21: Representação dos Materiais por Cores



Fonte: acervo próprio

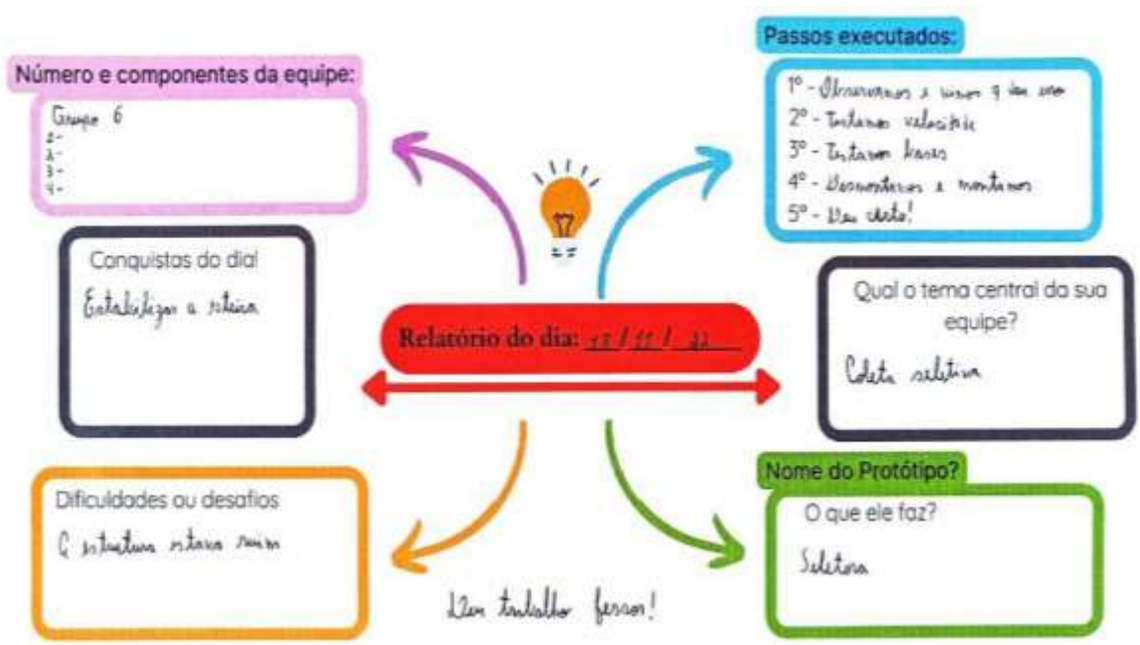
Uma vez definida a estrutura almejada e a lógica para a programação, as atividades relacionadas ocorriam em paralelo. Durante esse período, o grupo foi compelido a concentrar seus esforços na construção, devido a um problema crucial que afetava o projeto. Inclusive, os membros encarregados da programação tiveram que direcionar sua atenção para a construção, uma vez que a esteira não estava demonstrando estabilidade e resultava na queda de todos os blocos coloridos. Conforme indicado pelo diálogo entre os participantes, esse problema aparentava ter origem em

dois pontos específicos.

> **Antonio:** eu acho que precisa de algo para dar firmeza a esteira, e também, não sei, acho que está rápido demais.
> **Carla:** concordo, está rápida, mas quanto precisamos deixar mais lenta, porque se for quase parando, não terá eficiência e se for rápido, vai continuar derrubando as peças.
> **Diego:** certo, pera, vamos tentar, não adianta desistir agora. Programar é assim, a gente vai tentando achar esse ponto.
> **Antonio:** É verdade, vamos pensar em algo para dar mais... atrito na esteira... e também fazer os testes de velocidade. Se necessário, aumentamos ela.

Na narrativa em análise, é possível discernir aspectos ligados ao PC que se encontram intrínsecos no decorrer do processo de solução do problema em pauta. Estes aspectos compreendem a decomposição do problema em unidades discretas e a subsequente algoritmização, mediante a concepção de estratégias destinadas à sua resolução. Observando o relatório, apresentado na Figura 22 do referido encontro, em “Passos executados”, observamos convergências relacionadas aos tópicos mencionados, reforçando as ideias que remetem a decomposição e algoritmo.

Figura 22: Relatório de Encontro 10



Fonte: Dados da pesquisa

Em consonância com as ideias apresentadas por Resnick (2017), a capacidade de

decomposição por parte dos estudantes se manifesta à medida que os estudantes se depararam com dificuldades durante a construção. Neste ponto os estudantes empreenderam uma revisão e reestruturação de sua concepção inicial, pois nos primeiros passos, a proposta se fundamentava em uma única etapa complexa, como os próprios estudantes afirmaram. Vejamos o relato de Antonio:

> **Antonio:** Não dá para resolver tudo ao mesmo tempo, vamos nos concentrar em um problema por vez. Primeiro vemos se pode ser resolvido com a programação, depois na própria montagem, se for na montagem, mudamos.

Enquanto tentavam resolver focando em um grande problema, o estresse e a falta de soluções tomavam conta do grupo. Entretanto, diante dos obstáculos enfrentados e dos erros cometidos, surgiu a necessidade de conduzir à formulação de uma nova estratégia por meio da segmentação da esteira.

Antonio, neste contexto, sugere a desagregação do problema inicial em componentes mais manejáveis e, assim, tornando as soluções individuais menos intrincadas em sua complexidade. Por sua vez, Diego enfatiza as vantagens decorrentes da capacidade de modelagem das ideias à medida que o processo de construção do robô se desenvolve. Ao expressar que não adianta desistir agora", ele estabelece uma analogia entre a programação e um processo caracterizado pela experimentação e correção de erros, reforçando a importância de persistir na busca por soluções.

Brackmann (2017) ressalta a importância de atividades práticas de resolução de problemas para o desenvolvimento do PC. O relato demonstra que os estudantes estavam envolvidos em um projeto real, no qual precisavam enfrentar desafios práticos e encontrar soluções viáveis para o bom funcionamento da esteira. As falas de Antonio e Carla refletem a busca por uma solução equilibrada, levando em consideração aspectos como a velocidade da esteira e a necessidade de evitar que os blocos coloridos sejam derrubados.

Os estudantes reconhecem a importância de ajustar a velocidade da esteira, como indicado pela fala de Antonio: Se for devagar demais, não é eficiente, temos que pensar em como seria eficiente e seguro ao mesmo tempo [...]. Esse comentário denota aspectos do PC e sua habilidade algorítmica, pois ao demonstrarem interesse em elaborar alternativas que demandem organização em sua execução, os estudantes buscaram passos para conseguir atingir seu objetivo, bem como atributos que os estudantes julgavam ser importantes para a esteira.

> **Diego:** Vamos organizar, a esteira está em que velocidade? E porque as peças estão deslizando? Temos que organizar tudo isso, o que tem que adicionar e retirar. Acho que podemos mudar o código e deixá-lo mais lento, por exemplo.

Os estudantes buscaram uma solução que fosse eficaz e segura ao mesmo tempo, considerando uma que fosse desacelerada o suficiente para não derrubar as peças sem comprometer a eficiência no transporte das mesmas, que para eles estava relacionado ao número de peças que poderiam ser separadas em um determinado tempo, conforme observado na fala de Carla:

> **Carla:** Vamos tentar deixar mais rápido, quanto mais eficiente mais lixos podem ser reciclados, mas temos que contar quantas passam a cada minuto e ver se é um bom número de peças.

Durante a resolução do problema, a estudante Carla manifestou sinais da habilidade de decomposição ao enfrentar desafios complexos. Ao dividir o problema em partes menores, a estudante abordou separadamente as questões de velocidade e eficiência. Essa abordagem permitiu que ela desenvolvesse soluções que atendessem as demandas, principalmente, por perceber a importância de equilibrar esses dois aspectos, considerando o objetivo de aumentar a eficiência da separação de lixo para permitir maior número de materiais com potencial para reciclagem.

Ademais, Bruno contribui com a ideia de encaixar peças aderentes à esteira para estabilizar os objetos durante o deslocamento. Isso envolve a criação de um algoritmo ou sequência de ações para resolver o problema de instabilidade das peças. Foi pensado na distância que as peças ficariam umas das outras e se isso impactaria na quantidade de peças que poderiam ser separadas. Eles estavam pensando de forma algorítmica para abordar esse desafio específico.

> **Bruno:** Olha, vamos colocar isso entre as brechas na esteira, será que encaixa?
> **Diego:** Dá certo! É para que mesmo?
> **Bruno:** Com isso as pecinhas ficam mais seguras, podemos ter mais velocidade e elas não vão deslizar com tanta facilidade. Vamos ver?

Bruno se destacou ao identificar que a ausência de qualquer material ou dispositivo antiderrapante na esteira também estava associada à ocorrência de quedas das peças. Para colocar essa ideia em prática, os estudantes desenvolveram uma nova solução e

demonstraram princípios do PC. Ao questionarem a estabilidade das peças que seriam separadas na esteira, diante da ausência de algum mecanismo antiderrapante, os estudantes evidenciaram um discernimento em relação aos padrões. Observaram que as peças que não caíam estavam localizadas entre os encaixes elevados da esteira, indicando que onde havia elevações na esteira, mesmo com alta velocidade, a queda ocorria com maior dificuldade. Ao perceberem que essa característica poderia ser aplicada a toda extensão da esteira, revelaram a habilidade de reconhecer padrões passíveis de replicação para aprimoramento da ideia inicial (Brackmann, 2017).

Outro aspecto de destaque neste episódio é a relação entre o potencial da robótica no contexto da aprendizagem de conceitos científicos, conforme destacado por Blikstein (2006). Durante o relato, a construção da esteira seletora de lixo envolve a aplicação de princípios relacionados à física, tais como velocidade e atrito, juntamente com a utilização de sensores de cor para simular um sistema de coleta de resíduos. Isso evidencia como a robótica pode oferecer um ambiente enriquecedor para a exploração de conteúdos curriculares, indo além da Matemática, embora esta ainda mantenha sua relevância e presença no contexto abordado.

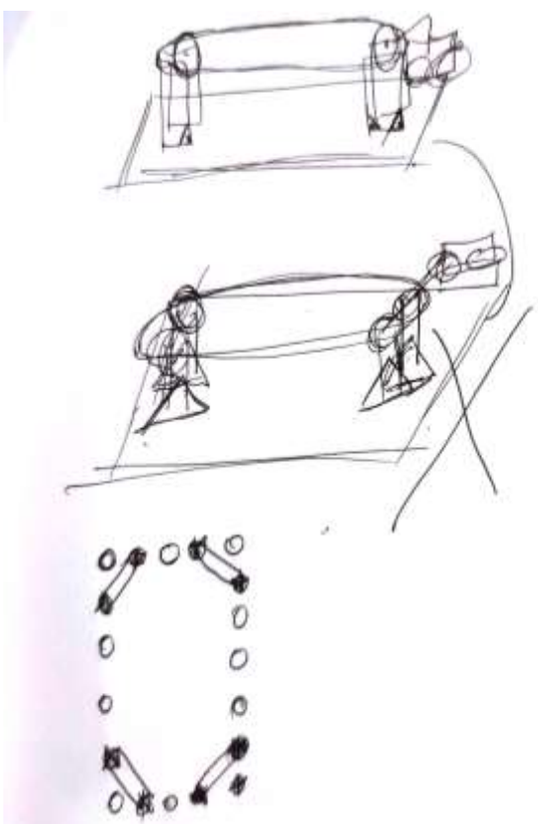
Voltando a observar o Grupo A, a pesquisadora questionou, “O que aconteceu, vão desmontar por quê? ”. O grupo revelou que após resolverem as questões relacionadas ao atrito da esteira, enquanto testavam a velocidade perceberam que a estrutura da esteira estava instável, provavelmente pelo peso do sensor que identifica as cores.

> **Antonio:** É! A esteira está muito instável, acho que precisamos mudar a base que sustenta ela, você acha que é porque fizemos um retângulo na base?
> **Pesquisadora:** Porque acha isso?
> **Antonio:** Na verdade, não sei, mas parece que ele sempre dobra, ou se mexe?
> **Pesquisadora:** Quer dizer deforma?
> **Diego:** Isso! Acho que o professor já mostrou a base de uma torre para nós (o estudante lembrou de um projeto mostrado pelo professor anteriormente), e não era assim… estava mais para um triângulo, era uma base triangular sabe?
> **Pesquisadora:** Faz sentido. Triângulos normalmente não deformam.
> **Antonio:** É? Vamos tentar! Pega ali as peças com parafusos (Se referindo aos encaixes)
> [Montaram a outra base e observamos o funcionamento]
> **Pesquisadora:** Deu certo?!
> **Diego:** Deu, mas fizemos melhor. Quando tentamos fazer uma base daquele jeito (triangular), usando peças demais, porque tinha que encaixar várias na lateral das rodas que giram a esteira… então pensamos que seria melhor voltar ao projeto

> anterior e fazer nas bases do retângulo uma ligação que parece um triângulo nos cantos da estrutura. Até agora está firme!
> **Pesquisadora:** Nossa! Gostei muito da ideia, parabéns!
> **Antonio:** É! E ainda economizamos muitas peças! - Respondeu aliviado. Ainda bem que dá para desmontar (risos), já pensou se não desse, ia ficar igual ao da folha (Figura 23).

Quando os estudantes mencionaram a folha, logo nos interessamos em entender do que se tratava. Na Figura 23, um dos participantes apresentou o esboço da estrutura na qual entendia ser a melhor solução para resolver o problema. O desenho segundo o estudante, tinha como objetivo representar de maneira visível suas ideias, assim seria mais fácil expressá-las para os demais componentes do grupo.

Figura 23: Esboço da Esteira



Fonte: Dados da pesquisa

A conversa entre a pesquisadora e os estudantes sobre o planejamento de desmontagem da esteira evidenciou um processo de análise e resolução de problemas. Essa abordagem se alinha com a perspectiva de Papert (1985) sobre a construção ativa do conhecimento, que enfatiza a interação direta com o ambiente e o uso de ferramentas e materiais concretos como catalisadores do aprendizado. Essa interação também reflete

os princípios do Pensamento Computacional (PC) conforme defendido por Wing (2008), destacando a importância da resolução criativa de problemas e da experimentação como vias essenciais para o desenvolvimento das habilidades computacionais.

Quando a pesquisadora pede a Antonio para explicar seu raciocínio, ele menciona que não tem certeza, mas percebe que a esteira sempre dobra ou se move. Isso demonstra a capacidade de observação e de análise de padrões, que são habilidades relacionadas ao PC. Além disso, Diego menciona que o professor já havia mostrado uma base de torre triangular como alternativa. Essa referência à base triangular mostra como o conhecimento matemático também contribuiu no processo para solucionar o problema da estabilidade da esteira. Essa associação reforça as ideias de Valente (1993), que argumenta que a resolução de problemas práticos, como a estabilidade da esteira, pode ser uma maneira eficaz de promover a aprendizagem Matemática, o que foi confirmado durante a entrevista:

> **Pesquisadora:** Durante a montagem tivemos um problema com a base da esteira, lembram? Pois é. O que vocês acham que aprenderam naquele dia?
> **Carla:** Primeira coisa que os triângulos não deformam, diferente dos quadriláteros. Depois, a gente precisa pensar antes de executar uma ideia… (risos). Tivemos um trabalho enorme naquele dia. Montamos e desmontamos três vezes só por causa da base.
> **Antonio:** Isso é verdade! Deu muito trabalho!
> **Pesquisadora:** O que vocês acham que foi essencial para resolver o problema?
> **Bruno:** Acredito que identificar as causas do problema primeiro. Depois, saber o que realmente precisava ser feito. No primeiro momento não fizemos isso, se tivéssemos era só ter feito uns ajustes na base.
> **Carla:** É!
> **Antonio:** A gente pensou que a ideia da base com triângulo era ela ser em forma de triângulo, e até fizemos, mas gastamos muitas peças… depois que percebemos que era só colocar peças menores nas laterais do retângulo em forma de triângulo que as peças não deformavam.
> **Bruno:** Faltou estratégia, mas depois que percebemos a besteira que estávamos fazendo, repensamos e bolamos uma ótima estratégia, nada derrubou nossa esteira.
> **Pesquisadora:** Vocês acham que o conhecimento geométrico ajudou?
> **Diego:** Com certeza! Quando você falou, lembramos do que o professor Sérgio falou sobre os triângulos. Agora eu não esqueço.

Nesse contexto, tornou-se evidente que os estudantes, ao considerarem as

observações da pesquisadora e revisarem os conhecimentos matemáticos preexistentes, optaram por estabelecer uma nova configuração triangular. Isso foi alcançado por meio da utilização de componentes dotados de mecanismos de encaixe. Os estudantes dedicaram-se à elaboração de algoritmo, adotando uma abordagem semelhante à forma computacional de pensar, reconstruindo ideias por meio de diálogos entre os colegas e materializando suas concepções a partir de representações visuais.

Vale ressaltar que em acordo com Maltempi (2005) a prática de reflexão, baseada na observação de tentativas e erros, é recorrente em contextos computacionais, pois problemas de programação frequentemente surgem de falhas nos códigos, proporcionando um *feedback* imediato ao programador, que busca soluções. Da mesma forma, os estudantes puderam explorar essa oportunidade de aprimorar suas ideias e reelaborar de forma algorítmica suas ações ao enfrentarem erros em suas tentativas.

Subsequentemente, a pesquisadora procedeu com a inspeção da funcionalidade da solução proposta, além de ressaltar a importância do processo de avaliação e iteração junto aos estudantes dentro do contexto da resolução de problemas. Tais conceitos revestem-se de relevância substancial no âmbito do PC.

Ademais, ainda que a estruturação da base tenha diferido daquela demonstrada pelo professor Sérgio, é digno de nota que os estudantes lograram progredir na compreensão de propriedades geométricas dos triângulos, empregando-os como elementos estabilizadores em relação ao retângulo empregado como base inicial. Este desenvolvimento se valeu das características de invariância, conforme abordadas na literatura Matemática.

A aprimoração da estrutura triangular, além de sugerir uma abordagem mais segura para o projeto, proporcionou economia de peças, uma consideração relevante dadas as restrições quanto ao número de elementos disponíveis por *kit*.

> **Antonio:** Saber dessas propriedades ajudou com que conseguíssemos montar uma estrutura mais forte e estável, como também conseguimos com que sobrassem peças para fazermos os acabamentos da esteira.

O estudante destacou que o conhecimento dessas propriedades foi crucial para a construção de uma estrutura robusta e estável, além de possibilitar a reserva de peças para os detalhes finais da esteira. Diante desse desafio, os estudantes conseguiram otimizar a utilização do *kit*, garantindo que a quantidade de peças fosse suficiente para concluir o projeto.

Essa fase do projeto evidencia como o potencial do pensar computacionalmente se integra ao desenvolvimento de conhecimentos matemáticos de maneira tangível (Papert, 1985), estendendo-se a diversas áreas do saber. Ao desenvolver habilidades associadas ao PC, os estudantes têm a possibilidade e potencialidade de enriquecer a compreensão Matemática ao lidar com problemas práticos e complexos. Isso envolve análise, formulação de hipóteses, experimentação e implementação de soluções práticas, todos inseridos no contexto de um projeto de robótica.

Ademais, em relação ao desenvolvimento do PC, esse diálogo entre os membros do Grupo A, demonstrou o uso de habilidades de resolução de problemas, tais como identificação e análise de um problema, geração de hipóteses, teste de soluções. Além disso, os estudantes também consideraram aspectos de eficiência ao escolher a melhor solução. Essa interação e os auxílios visuais, podem indicar a percepção dos estudantes em relação ao poder de simulações por meio da computação para materializar suas ideias de maneira dinâmica.

Conforme Resnick (2014) argumenta, a introdução das tecnologias digitais, como a robótica, em ambientes educacionais proporciona aos estudantes a oportunidade de explorar conceitos complexos de maneira tangível e interativa. A análise dos registros revela a importância da experimentação, na qual os estudantes demonstraram disposição para realizar tentativas sem receios. Embora não tenham alcançado o resultado desejado na primeira tentativa, eles persistiram na busca pelo aprimoramento de suas ideias, se usando de habilidades relacionadas ao PC de forma envolvente.

A análise destes dados dá indícios de que os estudantes manifestaram habilidades relacionadas ao PC, como a tentativa de encontrar soluções para problemas práticos, a consideração de fatores como velocidade e atrito, e a integração de conceitos matemáticos e científicos. Além disso, demonstraram perseverança, criatividade, e a capacidade de analisar variáveis e ajustar o projeto para otimizar o seu desempenho, ressaltando a importância da aprendizagem prática, da resolução de problemas e da interdisciplinaridade no desenvolvimento de habilidades do PC.

Em seguida, mantiveram seu foco nos sensores que identificam as cores e as automações que foram programadas para ele. Essa era uma das partes mais essenciais do projeto deste grupo. Nesse ponto, a grande discussão era, como “explicar” para o robô o que eles queriam que fizessem com cada cor que representava um material reciclado. Vejamos como os estudantes acham que foi essa etapa na entrevista:

Pesquisadora: Na etapa da finalização da programação eu notei que tiveram

> dificuldade, podem me dizer como foi a experiência? O que estavam tentando fazer que foi complicado?
> **Diego:** Bom, programar um robô, é como se estivessem tentando falar com ele na língua dele, no caso do LEGO é com aquela programação em blocos. Então tem que ser tudo muito explicado e detalhado, sem falar que tem que seguir uma lógica.
> **Pesquisadora:** Pode me dar um exemplo?
> **Diego:** Claro! Se eu falo para o robô, ler a cor vermelha. Ele vai ler e pronto. Se eu não dizer a ele o que ele tem que fazer quando ver vermelho, ele não fará nada, nem sequer vai me avisar que passou vermelho, olha passou um vermelho aqui o…. (Todos rindo).
> **Antonio:** Tínhamos que escrever os comandos para ele fazer o que precisávamos.
> **Diego:** Queríamos que ele derrubasse a peça para a direita se fosse vermelha, então colocamos, se <vermelho> mova a direita. Se queríamos que com a azul fosse para a esquerda se <azul> mova esquerda… E não só isso, tínhamos que falar exatamente que parte do robô tinha que mexer isso, então escolhemos no bloco o braço do robô para isso.
> **Pesquisadora:** E foi difícil?
> **Carla:** Não difícil, só no começo… testamos muitas vezes até o primeiro comando dar certo, mas depois que entendemos como era, foi só seguir um padrão e montar a programação que ela fazia tudo sozinha.

A análise desse diálogo revela *insights* importantes sobre o desenvolvimento do PC manifestados pelos estudantes. Primeiramente, o diálogo destaca a importância da linguagem de programação na comunicação com o robô. Diego faz uma analogia interessante, comparando a programação do robô à comunicação em uma língua específica, que no caso do LEGO Mindstorms é uma linguagem de programação visual baseada em blocos. Esse aspecto enfatiza a necessidade de expressar detalhadamente cada ação do robô, ressaltando a relevância da precisão e da clareza na programação, o que está intrinsecamente relacionado à concepção de algoritmo e da abstração, dois de quatro pilares do PC (Brackmann, 2017).

Além disso, Diego apontou que a programação exige uma abordagem lógica, implicando a necessidade de seguir uma sequência coerente para “ensinar a máquina”, como presumido por Papert (1985). Essa observação está em sintonia com o conceito de lógica e sequenciamento que, como sugeriu Wing (2006), são componentes fundamentais de um raciocínio estruturado, semelhante à forma como os cientistas da computação pensam para resolver problemas. A equipe de estudantes implementou

condicionais (algoritmos), como "se vermelho, mova a direita" para orientar o comportamento do robô com base nas cores, evidenciando uma aplicação prática do raciocínio lógico na solução de problemas.

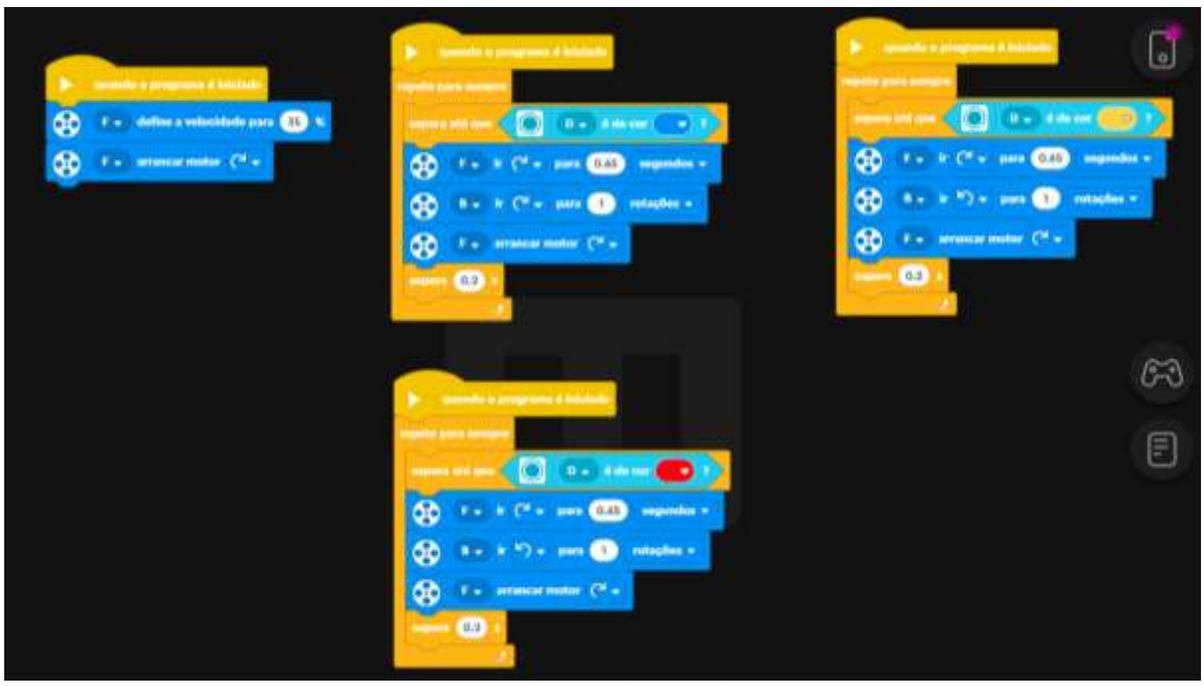
Além disso, a abordagem da equipe de estudantes em relação à programação e à resolução de problemas reflete a perspectiva Construcionista de Papert (1985), que enfatiza a aprendizagem por meio da exploração ativa e da construção de soluções. Eles mencionam que, após experimentar e compreender os primeiros comandos, conseguiram seguir um padrão e criar a programação de forma mais autônoma. Esse processo de construção de conhecimento por meio da experimentação e da prática está em consonância com a abordagem Construcionista, que defende que o aprendizado é mais eficaz quando os estudantes estão envolvidos ativamente na criação de seus próprios conhecimentos.

A discussão ilustra como a programação de robôs envolve uma combinação de habilidades técnicas, lógicas e criativas. Os estudantes não apenas formularam algoritmos para o comportamento do robô com base nas cores, mas também selecionaram partes específicas do robô, como o braço, para a execução dessas ações. Esse aspecto reflete as ideias de Resnick (2017) sobre robótica educacional, que destacam a integração de várias habilidades, indo além da simples codificação, e enfatizam a importância da abordagem interdisciplinar, além do suporte ao desenvolvimento do PC.

O diálogo analisado fornece uma visão valiosa sobre como o PC, a abordagem Construcionista e as ideias relacionadas à robótica podem se entrelaçar no contexto educacional. Ele destaca como a programação de robôs pode promover a aprendizagem ativa e a comunicação de conceitos, integrar várias habilidades e abordar problemas complexos, alinhando-se com os pilares do PC mencionados por Brackmann (2017).

Observamos que os estudantes estavam envolvidos em um processo de programação crucial para a implementação da esteira concebida pelo Grupo A. As Figuras 24 e 25, ilustram a evolução da programação e fornecem *insights* valiosos sobre aspectos do PC que permearam esse processo.

Figura 24: Programação da Esteira



Fonte: Dados da pesquisa

Percebemos pelos comandos e pela estrutura apresentada da esteira em sua fase final, a capacidade criativa dos estudantes. Ao elabora suas ideias de forma independente, eles revelaram que podem alcançar resultados expressivos.

Figura 25: Esteira em Fase Final

Fonte: Dados da pesquisa

Observamos no registro de imagens e no diálogo subsequente que, na busca por soluções, os estudantes realizam uma análise abrangente dos componentes tanto do

hardware quanto do *software* da construção robótica. Este processo envolve a observação minuciosa da execução, permitindo-lhes identificar a origem do problema e determinar os passos necessários para sua resolução. Esse enfoque evidencia o potencial do PC na resolução de problemas, ao capacitar os estudantes a empregar uma abordagem sistêmica e algorítmica para diagnóstico e solução de questões complexas envolvendo tecnologia.

> **Antonio:** A gente precisa que a peça vá até o leitor e se for da cor destinada para a caixa (seria a caçamba do caminhão), ela passe direto.
> **Diego:** Ou seja, não precisa fazer programação para essa cor.
> **Antonio:** Não precisa?
> **Diego:** Não, porque a esteira só vai continuar girando, agora se for outra cor que vai ser colocada nas caixas laterais, o braço vai ter que derrubar. Não é essa a ideia?
> **Antonio:** Isso!

No diálogo, Antonio e Diego discutiram a lógica por trás dos comandos necessários para a esteira. Antonio enfatizou a necessidade de a peça passar diretamente pelo leitor se fosse da cor destinada à caixa. Diego concordou e esclareceu que não era necessário programar essa cor especificamente, já que a esteira continuaria girando. Essa discussão destaca a decomposição do problema em condições lógicas, uma característica fundamental do PC, em que as ações são determinadas com base nas características das peças. A programação da esteira forneceu uma visão do processo de codificação, evidenciando a estruturação lógica dos comandos, outro elemento do PC.

Durante o encontro 12, no contexto da elaboração do programa de controle do robô, a pesquisadora acompanhou atentamente o processo de desenvolvimento do primeiro comando, que serviu como um protótipo para comandos subsequentes. É relevante ressaltar que os comandos mais complexos, conforme se pode constatar, apresentaram notáveis semelhanças com o esboço dos estudantes. Esta representação visual evoluiu ao longo de uma série de tentativas e erros, conforme evidenciado no diálogo entre os estudantes Diego e Antonio, sendo essencial para compreender como se mostra os princípios do PC neste contexto.

> **Diego:** Temos que estabelecer uma condição para as cores. Primeiro, quem vai passar direto? E quem vai para esquerda e direita?
> **Antonio:** As vermelhas vão direto, pode ser?
> **Diego:** Claro!

> **Antonio:** A roxa e amarela vão para a esquerda e a azul (figura 26) para a direita. Vamos ver como fica.

Vejamos na Figura 26, os comandos aos quais o estudante Antônio se refere, que dará suporte à interpretação do diálogo mencionado.

Figura 26: Primeiro Comando

Fonte: Dados da pesquisa

No trecho de diálogo transcrito, observamos aspectos do PC em ação. Em particular, a formulação de comandos condicionais para lidar com cores específicas evidencia a capacidade dos estudantes de pensar algoritmicamente. Diego e Antonio discutem as cores e decidem quais ações o robô deve executar com base em cada cor. Essa abordagem envolve a decomposição do problema em partes menores e a formulação de instruções precisas, refletindo a importância da decomposição e da abstração no PC. Observamos que no comando acima, não existe um tempo de espera. Com isso os estudantes tentaram resolver administrando o tempo da esteira.

> **Antonio:** o braço não consegue acertar a peça, o que tem de errado?
> **Diego:** Olha, será que diminuir a velocidade dá certo?
> **Antonio:** Vamos testar!

Ademais, a interação entre os estudantes Antonio e Diego durante a resolução de problemas foi evidenciada em um episódio anterior, quando enfrentaram dificuldades com o braço do robô. Eles identificaram um problema específico, no qual o braço não

conseguia alcançar a peça desejada, e propuseram uma solução prática ao ajustar a velocidade do movimento do robô. Observamos que a habilidade de projetar algoritmos, quando os estudantes se envolvem em uma sequência de etapas ordenadas seguida pela iteração, culminando eventualmente na automação do processo, remete a aspectos fundamentais do PC (CSTA;ISTE, 2011; Brennan; Resnick, 2012).

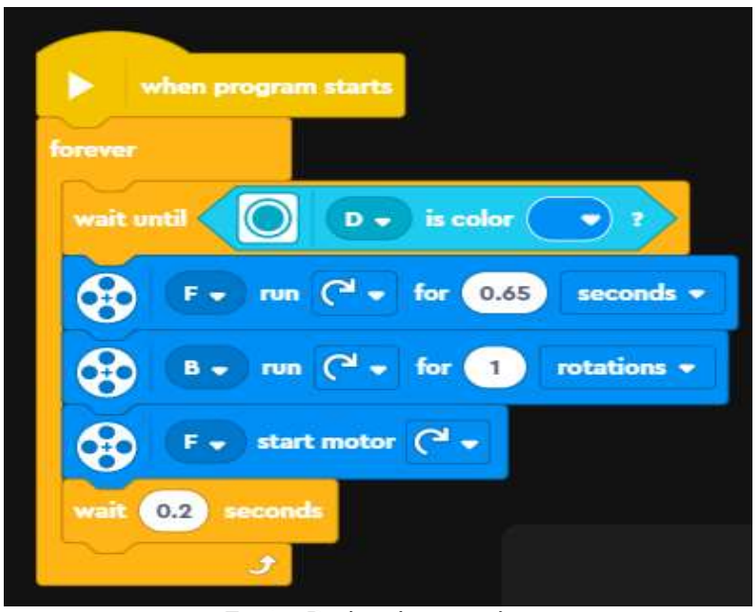
> **Carla:** Pessoal, levantem mais o braço.
> **Bruno:** Não dá, olha! Se levantar não acerta a peça.
> **Diego:** Se conseguisse cronometrar o espaço que preciso para as peças passarem na hora que está entre os fixos.
> [...]
> **Antonio:** Ah! E se fizermos ela parar, só para derrubar a pecinha?
> **Diego:** Verdade! Cara ele é um gênio!

Posteriormente, Carla, Bruno, Antonio e Diego discutiram como melhorar o funcionamento do braço do robô, destacando a importância da otimização e da solução criativa de problemas. Eles consideraram alternativas, como levantar mais o braço ou cronometrar o espaço entre as peças. Essa abordagem demonstra a capacidade dos estudantes de pensar de maneira flexível e explorar diferentes estratégias para resolver um desafio.

Na sugestão apresentada por Antonio, que propôs a interrupção temporária do movimento da esteira para derrubar uma peça, observamos a manifestação da criatividade como uma habilidade de decomposição. Isso se evidencia ao considerar que as alterações de velocidade não contemplavam as diversas variações nos posicionamentos exatos das peças. A decisão de interromper a esteira revelou-se a abordagem mais exequível para viabilizar a automação do robô. Nesse contexto, destacamos a relevância da criatividade no PC, uma vez que os estudantes exploraram enfoques não convencionais para solucionar os desafios apresentados pelo projeto.

Na programação bem-sucedida, conforme ilustrado na Figura 27, a utilização dos comandos espere até que (*wait until*) e espere (*wait*) desempenham um papel crucial. Esses comandos são exemplos da formulação de algoritmos, um dos pilares do PC. Eles permitem que o robô interaja de forma precisa com as cores na esteira, demonstrando a capacidade de pensar algoritmicamente para alcançar um resultado desejado.

Figura 27: Programação Corrigida



Fonte: Dados da pesquisa

Ademais, a metodologia dos discentes na resolução de desafios revelou-se evidente ao longo do diálogo. Diante de obstáculos, como a imprecisão do braço robótico ao posicionar a peça, eles interagiram entre si e propuseram soluções. Tal comportamento está alinhado aos fundamentos do PC. A decomposição de problemas se manifestou, à medida que os estudantes dividiram o problema maior (fazer um robô) em etapas menores (resolver parte da programação) e gerenciáveis. A elaboração de estratégias e passos é um dos aspectos presentes nas discussões dos estudantes. Eles consideram alternativas, como levantar mais o braço ou cronometrar o espaço entre as peças, com o objetivo de aprimorar o desempenho do robô. Isso se relaciona ao quarto pilar do PC: o algoritmo.

Portanto, o diálogo e as ações dos estudantes ilustram como aspectos associados ao PC, reconhecimento de padrões, formulação de algoritmos, decomposição e abstração, andam interconectados e de forma prática manifestam-se na resolução de desafios no contexto da robótica educacional. Esses elementos essenciais do PC são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades inerentes a este modo de pensar.

4.2 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo B

No Grupo B, formado por Ana, Beatriz, Carol e Denise, as estudantes enfrentaram desafios significativos, sendo o grupo com menor familiaridade na programação de computadores, o que provavelmente contribuiu para alguns atrasos na finalização do seu

projeto de robô. Embora o Grupo B tenha enfrentado desafios relacionados à programação, elas mostraram que o desenvolvimento do projeto de computação independe da habilidade fluente em programação. Na verdade, foi com os contratempos que as maiores oportunidades de aprendizado surgiram para elas.

Durante a fase inicial da construção dos robôs, as estudantes adotaram uma abordagem semelhante àquela do Grupo A, ao realizar pesquisas on-line sobre desafios que pudessem abordar questões ambientais, com foco inicialmente em problemas relacionados à cidade de Rio Claro. Foi a partir dessas investigações que se iniciaram as discussões sobre a lacuna existente entre a prática de coleta seletiva de resíduos na cidade e a persistência do descarte inadequado de materiais recicláveis. Este debate foi crucial para a concepção das ideias que impulsionaram o desenvolvimento do protótipo. Vejamos um recorte do diálogo entre as estudantes:

> **Denise:** E se não conseguimos conscientizar as pessoas a separarem o lixo, o que vocês acham de criar algo que faça isso por elas?
> **Beatriz:** É triste ver como isso não é levado a sério, né? Vocês viram a quantidade de lixo no aterro?
> **Denise:** Com certeza. É um desperdício enorme.
> **Ana:** Seria difícil esperar que as pessoas façam essa separação, mas para um robô seria mais simples.
> **Denise:** Exato. Essa pode ser a nossa proposta: um robô capaz de separar o lixo misturado. Só precisamos pensar em como fazer isso e como fazer isso com o que temos.

O diálogo entre as estudantes sobre a criação de um robô para separar o lixo evidencia a manifestação de um dos pilares do PC, conforme descrito por Brackmann (2017). Ao explorarem a viabilidade de um robô destinado à separação de resíduos mistos, partindo do pressuposto de que a questão residia na falta de conscientização por parte de alguns habitantes urbanos, as estudantes deram início à consideração dos passos necessários para o desenvolvimento desse dispositivo. Isso implica na formulação de um algoritmo destinado a discriminar e classificar distintos tipos de resíduos de maneira eficaz.

Além disso, esse episódio mostrou que ao identificar um problema, uma possível solução foi expressa de forma clara e lógica, demonstrando características alinhadas com as propostas por Wing (2008) sobre o PC. A análise crítica das práticas de gestão de resíduos e a proposição de uma solução tecnológica para otimizar o processo de

reciclagem por parte das participantes, evidenciaram os primeiros indícios de um pensamento organizado, visando a elaboração de um algoritmo capaz de coordenar as fases pertinentes ao processo.

Ao identificar um problema e discutir possíveis soluções, observamos indícios do PC em relação à capacidade das estudantes de enfrentar desafios complexos, como pensar em um problema que envolve a gestão de resíduos urbanos. Esse processo promoveu o desenvolvimento de estratégias inovadoras para abordar uma questão do dia a dia.

Na seleção do projeto, as estudantes iniciaram a elaboração de um plano para escolher o melhor modelo de robô coletor. Uma delas mencionou a estrutura do robô Tricky do *kit* LEGO como sendo a mais propícia para ser modelo do projeto:

> **Carol:** Acho que o design do robô precisa ser compacto. Ele poderá se movimentar rápido na hora de percorrer o “lixão”.
> **Beatriz:** Concordo com você. Só que se reduzir o tamanho, será que teremos espaço suficiente para um mecanismo de separação?
> **Ana:** Boa pergunta. Acho que precisamos encontrar um equilíbrio entre o tamanho e a funcionalidade do robô.
> **Denise:** Tem que ser proporcional. Podemos pensar no tamanho do Tricky andando pelas ruas e nas peças como os objetos, ele parece que se encaixa bem com a nossa ideia.

O diálogo entre Carol, Beatriz, Ana e Denise sobre o design do robô revela como elas manifestaram os conceitos de identificação de padrões e abstrações. Quando abordaram o projeto do robô de separação de lixo, as estudantes discutiram o equilíbrio entre o tamanho do robô e sua funcionalidade, mostrando a capacidade de abstração ao identificar os aspectos mais críticos para o sucesso do projeto, como a necessidade de um design compacto para permitir mobilidade rápida e ao mesmo tempo garantir espaço suficiente para o mecanismo de separação.

Além disso, as estudantes usaram suas experiências anteriores com o robô Tricky e identificaram padrões que puderam ser usados no design do robô de separação de lixo. Durante a discussão, as estudantes consideraram as repetições e similaridades nos processos de separação de lixo. Elas pensaram sobre como lidar com diferentes tipos de resíduos de forma padronizada, otimizando o processo de separação e melhorando a eficiência do robô.

A proposta além de mostrar identificação de padrões, evidencia a capacidade de

abstração, pois Denise mostrou que pensou em como adaptar elementos conhecidos para atingir os objetivos do projeto. Essa abordagem evidencia a forma como as estudantes estão desenvolvendo o PC em seu processo de tomada de decisão e resolução de problemas, manifestando a habilidade de padrões e abstrações conforme sugerido por Brennan e Resnick (2012). Além disso, percebemos a manifestação do PC quando a estudante Ana se posicionou dizendo:

> **Ana:** Podemos testar a mobilidade dele, mas acho melhor nos concentrarmos em primeiro definir o que será carregado e o onde será deixado, depois veremos como diferenciar os objetos e por fim o que o robô vai ter que fazer para que tudo isso aconteça.

A partir desta fala, durante um impasse sobre as etapas a serem priorizadas no desenvolvimento do robô separador de lixo, e do contexto em que ela foi mencionada, observamos a decomposição e algoritmo. Nesse caso, a decomposição foi referente à habilidade de dividir um problema em partes menores e mais acessíveis para o gerenciamento. Nesse caso, Ana propõe abordagens separadas para lidar com diferentes aspectos do projeto, em vez de lidar com ele de uma única vez, sugerindo que primeiro seja definido o que o robô irá carregar e para onde será despachado, antes de abordar como o robô irá diferenciar os objetos que serão definidos como materiais com potencial de reciclagem. Essa abordagem fragmentada demonstra a capacidade da estudante de decompor o problema em tarefas mais simples e priorizar ações de acordo com sua relevância e viabilidade (Brackmann, 2017).

Após a determinação do design, influenciada pelas dimensões do robô Tricky, as participantes procederam com a avaliação dos sensores encarregados de identificar as cores que representam os materiais recicláveis. Seguindo a perspectiva de Brennan e Resnick (2012) o PC transcende a mera compreensão dos mecanismos computacionais, e nessa etapa, podemos observar as estudantes propondo abordagens dependentes de suporte computacional e desenvolvendo habilidade de formular problemas suscetíveis a soluções computacionais que as obrigava compreender a máquina e o que precisavam ensinar a ela, como mostra o diálogo entre as estudantes e a pesquisadora.

> **Pesquisadora:** Meninas, vão usar o robô Tricky? Como vai ser isso?
> **Ana:** Não especificamente ele, mas estamos pensando em adaptar ele. Só que tem um probleminha…
> **Pesquisadora:** Qual? Se eu puder ajudar…

> **Beatriz:** É que não sabemos ainda programar direito, nós tentamos seguir mais ou menos como fizemos na programação do Tricky (através do tutorial), para tentar entender como ele faz o que está fazendo. Pensei que dava para fazer a nossa própria programação seguindo a ideia. O problema é que já tentamos e mesmo assistindo o tutorial não estamos conseguindo entender.
> **Pesquisadora:** O que exatamente não conseguiram entender?
> **Ana:** Na verdade, acompanhando entendemos, mas na hora de fazer uma coisa diferente nós não conseguimos, não temos a menor ideia de qual comando usar.
> **Pesquisadora:** Olha, eu também não sei muito, mas vamos ver juntas pode ser que entendamos…
> (A pesquisadora, observou as estudantes assistimos o tutorial, no entanto, pediu para que elas observassem o que acontecia a cada passo dado na programação)
> **Denise:** Viu? É nesse negócio aí, 'wait until' (espere até que) que temos que mexer, se ele ver o verde podemos dizer para ele tem que ir, contamos a distância e colocamos. Por exemplo, se ler verde, espera, gira 90 graus e anda 10 para soltar a peça no lugar determinado.
> **Pesquisadora:** Ótima ideia, vamos testar?
> **Denise:** Eu nem acredito que eu entendi como se faz isso (sorriso de satisfação).

No diálogo apresentado podemos identificar aspectos do PC, conforme definido por Resnick (2012), relacionados à habilidade de pensar como um computador, envolvendo a compreensão e manipulação de conceitos fundamentais de programação. Percebemos a presença do conceito abstração, quando as estudantes tentaram entender e adaptar o robô Tricky para seu projeto, mesmo sem saberem programar. Elas buscaram seguir um tutorial para compreender como o robô realiza suas ações e tentaram aplicar esses conceitos de programação em seu próprio contexto. Além disso, o diálogo revelou a capacidade de abstrair os princípios básicos de programação, mesmo sem ter um conhecimento da linguagem ou do ambiente específico.

Além disso, houve um esforço significativo para resolver problemas, o que é outro aspecto central do PC. As estudantes reconhecem suas limitações na programação, mas estavam dispostas a experimentar e buscar soluções. Elas enfrentam desafios específicos ao tentar criar uma programação personalizada para o robô, evidenciando a habilidade de identificar problemas e desenvolver estratégias para resolvê-los.

O diálogo também ilustrou o conceito de depuração (*debugging*) ou revisão do código. As estudantes observaram e analisaram o código existente, identificando partes críticas (como o uso do comando *wait until*) e discutindo como adaptar esses conceitos para suas necessidades. A pesquisadora incentiva essa reflexão e interação direta com

o código, encorajando as estudantes a experimentar e testar suas próprias ideias.

A proposta envolveu o exercício da habilidade abstração, exemplificado quando Denise, ao executar os movimentos na programação do robô Tricky, teve a capacidade de identificar padrões de comportamento por meio da observação e do *feedback* do programa. Nesse processo, ela foi capaz de extrair e simplificar apenas as partes dos comandos relevantes para o seu próprio projeto, demonstrando a capacidade de simplificar o problema para uma melhor compreensão. Um aspecto importante neste contexto foi a necessidade de que o robô compreendesse as intenções da equipe por meio da linguagem de programação utilizada. Esse aspecto foi fundamental para o desenvolvimento do PC, visto que as estudantes precisavam expressar passos claros e precisos na linguagem do programa para que o robô executasse as tarefas desejadas.

Um aspecto que despertou nossa atenção foi a constatação de que, mesmo após terem consultado o tutorial e seguido as instruções passo a passo, as estudantes não conseguiram compreender a programação. Isso evidencia as limitações da abordagem instrucionista em certos contextos educacionais, uma vez que simplesmente reproduzir um procedimento não estimula o pensamento crítico. Em contraste, observamos que, com o suporte e a orientação da pesquisadora, as estudantes conseguiram compreender o processo subjacente à programação do robô Tricky. Isso ocorreu quando, em vez de apenas repetir as instruções, elas executaram determinados comandos e observaram o *feedback* imediato do robô. Esse resultado está alinhado com a teoria de Papert (1993), que postula que a aprendizagem não se resume à transferência de conhecimento, mas à construção de significados através da experiência prática e reflexiva.

É relevante destacar que, entre os nove grupos da disciplina eletiva, o Grupo B apresentou menor familiaridade prévia com a programação. Essa condição posicionou o grupo de maneira particularmente interessante para a presente investigação, pois evidenciou que indivíduos com conhecimentos limitados sobre computadores podem, ainda assim, desenvolver habilidades relacionadas ao PC. Este achado é significativo, pois sugere que o desenvolvimento dessas habilidades não está restrito a indivíduos com uma formação técnica, mas é acessível a todas as fases do desenvolvimento cognitivo. Dessa forma, reforça-se a ideia de que o PC pode ser incorporado de maneira inclusiva em diversos níveis educacionais.

No caso deste grupo, o tempo disponível foi insuficiente para que pudessem concluir o projeto conforme idealizaram. No entanto, a construção de habilidades computacionais através da experimentação mostrou-se proveitosa. Destacamos a

notável capacidade do grupo em desenvolver conhecimento em programação de forma recursiva. A colaboração frequente deste grupo desempenhou um papel fundamental no aprimoramento das habilidades individuais de cada uma das participantes.

Na entrevista do Grupo B, aproveitamos para questionar o que achavam da construção dos robôs não depender de instruções como no começo da disciplina eletiva. As respostas das estudantes forneceram confirmações significativas para a interpretação dos registros durante a elaboração do projeto durante a disciplina eletiva, fortalecendo a percepção de aspectos relacionados ao PC.

> **Pesquisadora:** Agora, gostaria de saber a opinião de vocês sobre sairmos daquele molde com instruções, o que acharam?
> **Carol:** Acho que fez toda diferença. Antes eu não estava entendendo como o robô se mexia e o que tinha que colocar no aplicativo para ele fazer outra coisa, eu só colocava o que pediam.
> **Ana:** Sim, porque quando vocês pediram para criarmos o robô personalizado, tivemos que parar, entender como as coisas aconteciam.
> **Denise:** Verdade, quando pensamos no nosso robô, imaginamos que seria fácil montar, só imitar o anterior, mas não foi nada fácil… tivemos que separar o que queríamos e o que já tínhamos disponível e acrescentar outros passos de acordo com o que queríamos. Não foi fácil, mas tudo foi fazendo sentido conforme íamos executando as ideias. O programa bugava e nós precisávamos fazer de novo, o robô travava e então tínhamos que desmontar, e assim foi até chegar em como ele está hoje… muito legal!
> **Ana:** A ideia de explorar o que podíamos fazer e ter tranquilidade de errar me ajudou a perceber que nós podemos ser boas nisso. Nesse projeto, por exemplo, só nos faltou tempo, por ser um processo né? Olha onde está o erro, divide em etapas e vai resolvendo…
> **Denise**: Isso foi importante, porque tinha momentos em que nós queríamos resolver tudo ao mesmo tempo, mas não dava, era melhor se concentrar em um problema por vez, quando nós pegamos o jeito ficou cada vez mais fácil.
> **Beatriz:** É verdade, se tivéssemos um pouco mais de tempo teríamos feito um projeto muito melhor.

A experiência relatada na entrevista, proporciona uma perspectiva valiosa sobre a manifestação do PC, conforme conceituado por diversos autores como Barr e Stephenson (2011), Brackmann (2017) e Wing (2006), bem como fortaleceu o potencial do ambiente Construcionista (Papert, 1996) no desenvolvimento do PC. Ao refletirem sobre a transição de uma abordagem guiada por instruções para uma mais livre e

exploratória, os participantes destacaram aspectos fundamentais do PC.

Em relação aos padrões e abstrações, observamos que as participantes reconheceram a necessidade de compreender os padrões subjacentes ao funcionamento do robô e ao processo de programação. Carol expressou essa percepção ao comentar sobre a dificuldade inicial em entender como o robô se movia e como interagir com o aplicativo. Esse reconhecimento sugere uma mudança de abordagem, na qual os participantes passaram a buscar uma compreensão de forma interativa do funcionamento do sistema, em contraste com uma abordagem superficial baseada em instruções pré-definidas.

Além disso, o relato de Denise e Ana sobre a necessidade de separar o que desejavam alcançar com o robô e os recursos disponíveis ressalta a importância da decomposição e abstração. Ao desmontarem o problema em componentes menores, ~~os~~ as participantes conseguiram identificar os passos necessários para o entendimento de como era necessário se comunicar com a máquina para atingir seu objetivo e determinar as etapas subsequentes do processo de desenvolvimento. Essa habilidade de decomposição e abstração de partes importantes, permitiu-lhes lidar com a complexidade do problema de forma mais eficaz, conforme discutido por autores como Barr e Stephenson (2011).

O algoritmo também se mostrou no relato, ao mencionar os desafios enfrentados durante o processo de programação, como *bugs* no código e travamentos do robô, as participantes demonstraram a necessidade de desenvolver e ajustar algoritmos para garantir o funcionamento adequado do sistema. A iteração constante e a correção de erros ao longo do processo refletem o algoritmo, conforme discutido por Brackmann (2017).

Além disso, o algoritmo se revelou por meio da transformação de uma tarefa em uma sequência de passos bem definidos e precisos para serem executados por um computador ou outro dispositivo automatizado (Brackmann, 2017). O algoritmo de um processo importante para o desenvolvimento do pensamento lógico, uma vez que exige que o estudante organize as informações de forma lógica e coerente, seguindo uma sequência de passos que possibilite a resolução do problema.

Outro aspecto significativo observado é o comentário feito por Beatriz e Ana, indicando que, com mais tempo, poderiam ter aprimorado ainda mais seu trabalho. Essa observação sugere um reconhecimento do valor do processo de aprendizagem, incluindo a experimentação, iteração e busca pela melhoria contínua. Esse reconhecimento é

crucial para o desenvolvimento do PC, pois envolve a disposição de enfrentar desafios e aprender com eles.

Além disso, durante esse processo, destacamos a oportunidade concedida às estudantes de modificar sua programação de maneira ilimitada, sem sofrer penalidades por erros. Essa liberdade foi fundamental para o desenvolvimento orgânico das habilidades do PC, mesmo diante da ausência de familiaridade prévia com a programação.

No momento de realizar a programação com a linguagem de blocos, a preocupação das estudantes era lembrar qual a ordem que deveriam ser colocados os blocos de comandos utilizados na programação do movimento do Tricky. Iniciaram com o bloco de Controle que indica que a programação iniciará quando a participante der *start* no programa, no entanto, não lembravam como combinar esses blocos de forma a criar sua própria programação.

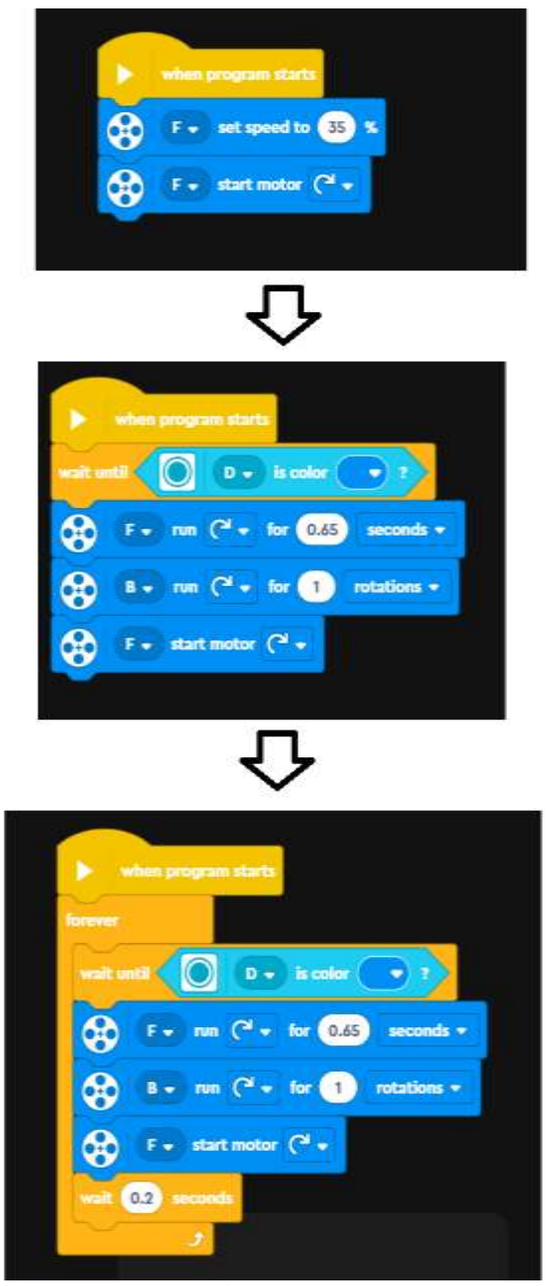
No intuito de que elas refletissem sobre quais seriam esses blocos, novamente a pesquisadora interveio, questionando-as sobre as ações que elas queriam realizar e as ações que os blocos do software indicavam, tentando levá-las a relacionar as ações indicativas de cada bloco da programação com as ações que elas queriam realizar.

> **Pesquisadora:** Meninas, vocês querem que o robô vire andando?
> **Ana:** Sim! Achamos que ele parar e depois de virar, começar a andar é uma perda de tempo.
> **Pesquisadora:** Se fosse você tentando fazer isso, como faria?
> **Ana:** Eu mesma? Andando?
> [Estudante levantou e imitou os movimentos que queria que o robô fizesse]
> **Ana:** Uma perna para e a outra continua em movimento, é isso?
> **Carol:** É, né?
> **Ana:** Então o motor F precisaria parar antes do motor B?
> **Pesquisadora:** É?
> **Ana:** Melhor eu testar (risos)

Ana e Carol decompuseram o problema em partes menores para entender como resolver a situação. Elas discutiram os movimentos específicos que o robô precisa fazer, como parar um motor antes do outro, para alcançar o objetivo de virar andando. Esta abordagem dividiu o grande problema em partes menores, facilitando a compreensão para uma solução. Ao replicar os movimentos como desejam que o robô fizesse, as estudantes estavam tentando identificar padrões de movimento no próprio corpo que

poderiam ser aplicados ao robô. Elas observaram como as pernas se movem durante o giro e tentaram replicar esses padrões para controlar o robô de forma eficiente. Vejamos na Figura 28, a parte da programação que foi desenvolvida durante essas discussões.

Figura 28: Desenvolvimento da Programação do Grupo B



Fonte: Dados da pesquisa

Após a reflexão com a pesquisadora, elas continuaram a programação, adicionando mais um bloco de ‘espere até que’ o sensor veja azul e logo em seguida *run* (ande) *for* (para) 1 *rotations* (rotação) no motor F e run *for* 0,65 segundos no motor B, conforme visto na figura anterior. Perceba que a figura mostra que as estudantes testaram suas ideias com o robô e, a partir dos resultados, aprimoraram sua

programação. Isso demonstra a importância do processo iterativo de teste e ajuste para alcançar uma solução eficaz.

Ao refletirem sobre a programação realizada, as estudantes propositalmente decompuseram o problema de programar um movimento em partes menores, buscando entender a construção do algoritmo realizada até o momento, desenvolvendo um algoritmo. Quando Ana perguntou se um dos motores precisava parar, a pesquisadora deixou-a à vontade para testar e decidir por si mesma se sim ou não. Como vimos na programação, não era bem assim que o programa precisava se comportar.

Neste momento, foi observado que as estudantes perceberam, ao interagirem com o programa, que o robô precisava realizar duas ações simultaneamente, similar ao funcionamento do corpo humano. Uma das estudantes, Carol, comparou esta situação com o ato de andar, onde o movimento não é realizado linearmente; ao invés disso, ocorre a combinação de ações em paralelo. Carol expressou: "É como nós andamos, a gente não para reto e depois vira quando quer virar para o lado. Fazemos as duas coisas ao mesmo tempo, só que uma fica, enquanto a outra vai".

Nesse contexto, o computador revelou-se como uma ferramenta educacional eficaz, contribuindo para a construção do conhecimento das estudantes por meio da interação com a máquina (Valente, 2005). A dinâmica se desenvolveu ao longo dessas interações, incluindo a identificação e correção de erros ou ações que pareciam não naturais, assemelha-se a espiral de aprendizagem descrita por Valente (2005), que envolve descrição, execução, reflexão, depuração e nova descrição. As estudantes refletiram sobre suas suposições e ajustaram suas soluções conforme necessário.

Adicionalmente, esse episódio foi significativo para compreender o papel do mediador, que se mostrou essencial para orientar as estudantes durante o processo, oferecendo suporte e *feedback* ao longo da interação com a máquina, sem intervir a ponto de as ações das estudantes se tornarem simples reflexos de instruções externas.

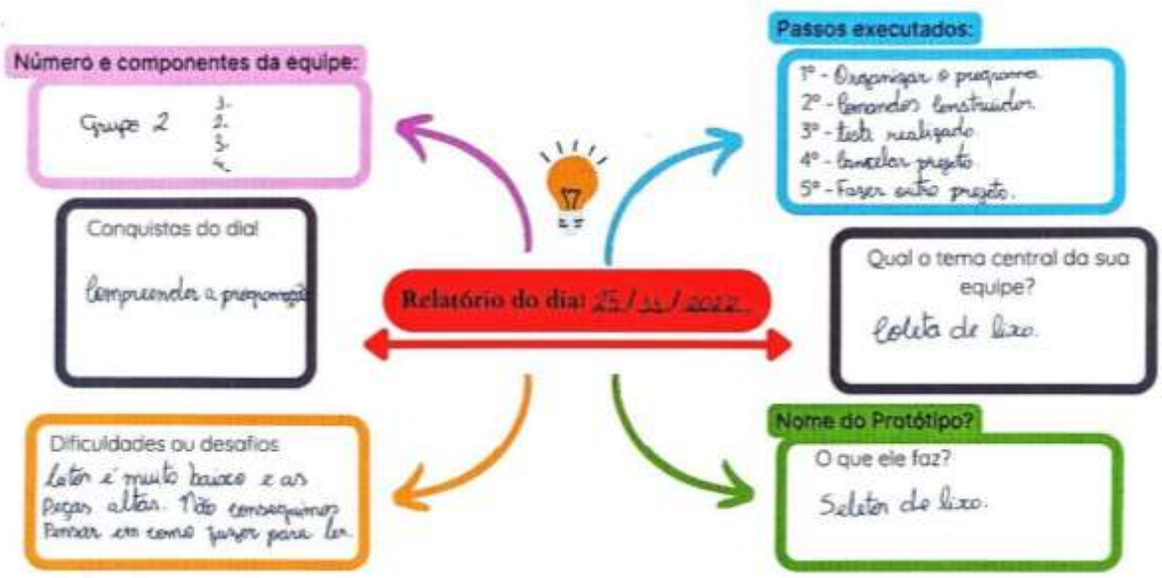
Ainda sobre esse episódio, a programação expressou a necessidade da criação de uma sequência de instruções que especificam como o robô deve operar. Elas adicionaram blocos de código específicos para controlar os motores com base na entrada do sensor, o que mostra um entendimento da lógica necessária para a tarefa.

Após isso, as estudantes deram início ao primeiro teste com as cores. As estudantes decidiram que usariam verde, azul, vermelho e amarelo para separar os materiais representando respectivamente; papel, plástico, metal e orgânico.

Ao iniciarem os testes, os estudantes detectaram dois problemas, um com a cor

vermelha e o outro com a altura das peças. Devido ao tempo limitado para apresentar o projeto, optaram por reformular a proposta inicial a fim de resolver as duas questões. As preocupações expressas no relatório de aula (Figura 29) motivaram a pesquisadora a questionar as estudantes no grupo de *WhatsApp* e posteriormente em sala de aula.

Figura 29: Relatório do Encontro 11



Fonte: Dados da pesquisa

Ao analisarmos o relatório na área em que as participantes mencionam suas dificuldades ou desafios, “passos executados”, associado aos diálogos das estudantes, percebemos que o PC se revelou por meio da elaboração de um algoritmo. Próximo a finalização do prazo para a apresentação dos projetos, as estudantes optaram por elaborar um plano alternativo (plano ‘b’). Esse processo mostrou a capacidade das estudantes de refletirem sobre seu próprio pensamento e aprender com seu próprio processo de aprendizagem, conforme proposto por Papert (1985). Essa característica foi evidenciada pela organização das ideias das estudantes na busca por uma solução clara e viável para adaptar o projeto às circunstâncias. A seguir, são apresentados trechos do diálogo que ilustram parte desse processo:

> **Ana:** Vamos repensar, qual o problema. Foi a altura das peças? Ou o sensor que está tendo dificuldades?
>
> **Denise:** Para mim são as duas coisas.
>
> **Carol:** Então vamos pensar em uma distribuição de peças, a gente deixa um amontoado de peças num lugar e identifica de alguma forma com a cor, para levar até onde queremos.

> **Beatriz:** O que você acha de algo assim? (Figura 29)
> **Ana:** Vai fugir um pouco do que queríamos, mas é o que dá para fazer em um dia.

O trecho mostra que os participantes estavam tentando dividir o problema em partes menores (Brackmann, 2017). Ana iniciou perguntando sobre o problema específico (altura das peças ou o sensor), enquanto Denise concordou que era um problema composto, pois o sensor não conseguia ler as cores das peças dependendo da sua distância. Elas identificaram os diferentes componentes do problema. Ademais, Carol sugeriu prontamente uma solução para distribuir as peças, talvez para tentar otimizar o processo de identificação, apresentando inclusive um esboço da Figura 30.

Figura 30: Esboço do Tapete de Cores

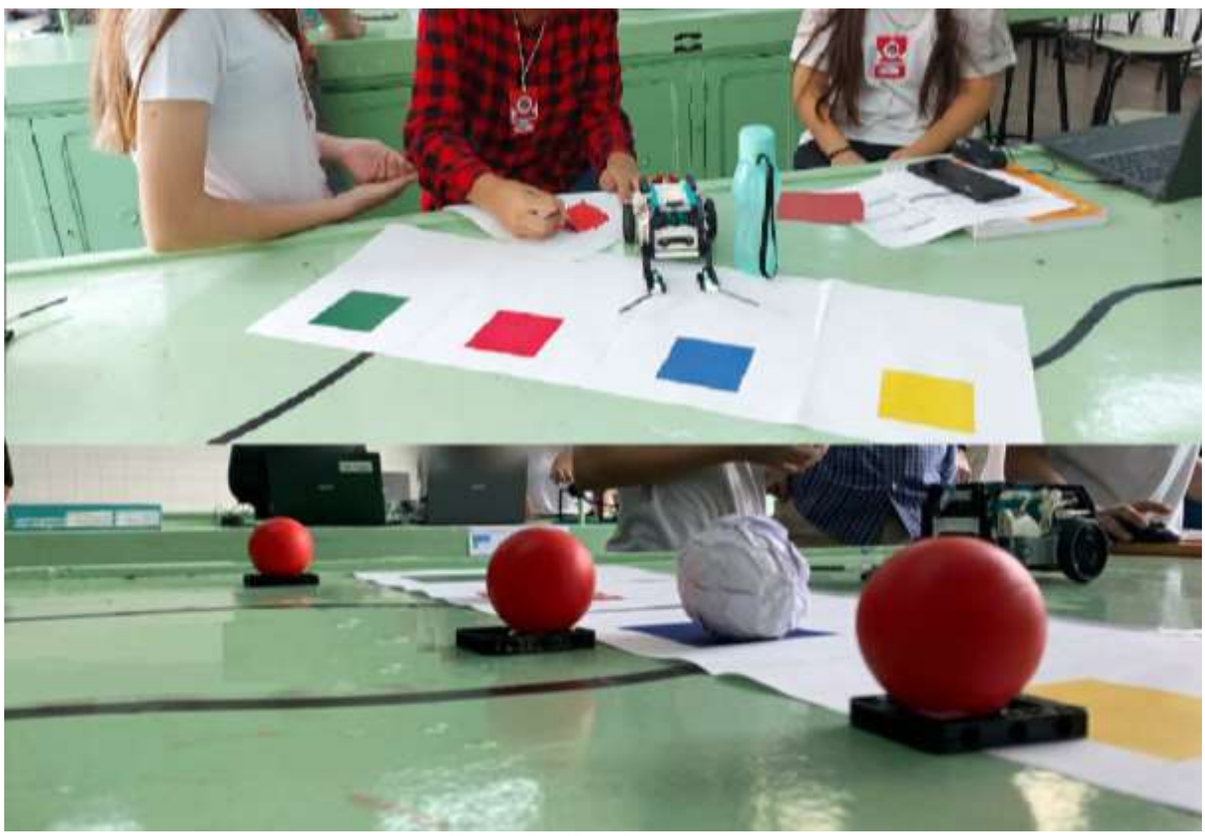
Fonte: Dados da pesquisa

Observamos que a ideia dada por Carol remetia a uma visualização das cores como ponto de partida para a execução das ações da máquina. Ana mencionou que a decisão por essa solução iria "fugir um pouco do que queríamos", no entanto era suficiente para resolver a demanda de forma imediata, indicando uma certa abstração para encontrar uma solução focada na parte importante do projeto que era a separação dos “lixos”.

Além disso, observamos que embora não tenha existido uma menção explícita de etapas, o grupo está claramente pensando em passos para resolver o problema, como a sugestão da Carol de identificar na mesa para separar as peças pela cor. Resolvido o problema da altura das peças, que agora não dependia da leitura da cor nas peças e sim da leitura das cores do tapete, perceberam que o problema da cor vermelha era

simplesmente o tom de vermelho nas peças LEGO que não era identificado pelo robô, mas como após a mudança a ação do robô dependia somente da leitura do tapete, não foi necessário criar um solução para este problema. O grupo aprimorou a ideia inicialmente discutida e concluiu que a melhor forma de manter a essência do conceito original, ao mesmo tempo em que apresentavam um projeto viável, era através da montagem de um tapete de cores, conforme ilustrado na Figura 31. Esta abordagem permitiu integrar os elementos fundamentais da proposta inicial com a praticidade necessária para a realização do projeto.

Figura 31: Apresentação do Grupo B



Fonte: Dados da pesquisa

A abordagem iterativa adotada para experimentar diferentes métodos e ajustá-los conforme necessário, desempenhou um papel crucial na tomada de decisão das estudantes, permitindo-lhes avançar com o projeto, mesmo que não totalmente finalizado. Este processo mostra evidências do PC, e conforme delineado por Brennan e Resnick (2012), a importância da experimentação e da iteração para alcançar soluções criativas e eficazes, estimulam a autonomia. Essa metodologia iterativa foi claramente observada nas interações entre as participantes da pesquisa, evidenciando a importância de permitir um ambiente que não veja o erro como punitivo, mas sim como proveitoso na resolução

de problemas.

Além disso, conforme destacado por Wing (2010), o PC é uma abordagem para resolver problemas complexos, envolvendo a análise de diferentes componentes do problema, a proposição de soluções e a busca por alternativas. Essa característica foi evidenciada na presente experiência, especialmente na discussão sobre o sensor e a altura das peças. As estudantes evidenciaram habilidades relacionadas à decomposição, padrões e abstração ao se desafiarem a propor ideias e soluções viáveis para reestruturar o projeto destinado à apresentação final da disciplina.

4.3 Evidências do Pensamento Computacional no Grupo C

No contexto desta pesquisa, que teve a participação de nove grupos distintos, foi observado que três desses grupos inicialmente manifestaram resistência em adotar a abordagem proposta pela pesquisadora e pelo professor colaborador. Entre os nove, três demonstraram uma aparente desmotivação em relação à disciplina eletiva, seja por considerarem a proposta difícil ou por falta de interesse. No entanto, o Grupo C, composto por Alisson, Breno, Caio e Danilo, destacou-se como o único a não abandonar o projeto. Outros dois grupos desistiram de seus projetos na metade do desenvolvimento, optando por se integrar a outros grupos.

Nesse cenário particular, a desmotivação manifestada foi atribuída pelos membros do Grupo C à sua familiaridade prévia com programação, fator que os levou a encarar a proposta como tediosa. Os integrantes deste grupo expressaram a convicção de que empreender um projeto desprovido de um direcionamento claro não seria proveitoso, uma vez que acreditavam que suas possibilidades estariam completamente esgotadas. No entanto, durante entrevistas conduzidas, relataram ter experimentado insegurança ao perceberem a ausência de instruções específicas para a elaboração do projeto.

É imperativo enfatizar que os dados derivados deste grupo são de grande relevância, uma vez que fornecem *insights* significativos acerca da experiência de adoção de uma perspectiva Construcionista, a qual promove uma completa alteração na dinâmica usual de desenvolvimento das atividades. Esta análise contribui para uma compreensão de como a adaptação a novas abordagens pode se revelar desafiadora, mesmo para indivíduos dotados de habilidades prévias em programação, ressaltando, assim, a importância de uma metodologia que privilegie uma exploração eficaz da criatividade e autonomia dos estudantes, particularmente em contextos que visam o desenvolvimento

de habilidades computacionais e o PC.

A concepção do projeto de um carro coletor de lixo, desenvolvido pelo grupo C, surgiu de um processo interativo de exploração e refinamento de ideias relacionadas ao potencial das máquinas na preservação ambiental. Este grupo foi o que mais demorou a iniciar a sua construção de fato, o processo de idealização envolveu a consideração e análise contínuas de conceitos de forma teórica, o que comprometeu o tempo do grupo para sua construção. O surgimento da ideia desenvolvida foi precedido por uma análise abrangente das necessidades e desafios enfrentados na coleta de resíduos, especialmente destacando a preocupação com materiais perigosos, como resíduos hospitalares, que segundo os estudantes, exigem manipulação cuidadosa devido aos riscos à saúde humana e aos possíveis danos ao solo e lençóis freáticos.

Na entrevista com o grupo aproveitamos para discutir algumas dúvidas que surgiram conforme a pesquisadora observava os estudantes. Considerávamos que o grupo constituído por estudantes mais experientes não apresentaria resistência às propostas discutidas durante o encontro, supondo, ao contrário, que manifestariam um maior interesse.

> **Pesquisadora:** Meninos, desde o início da eletiva eu percebi que vocês tinham bastante habilidade com os robôs LEGO, mas vocês me intrigaram quando não quiseram desenvolver um projeto independente. Por qual motivo? Não gostaram do tema? Ou foi por outra coisa?
> **Caio:** Não! Não é que não quiséssemos fazer, sabe, acho que não estamos motivados o suficiente e até mesmo com medo de dar errado.
> **Pesquisadora:** A falta de motivação se deu pelo tema? E você disse agora sobre estar com medo, como assim?
> **Allison:** Não. O tema, nós gostamos e inclusive na hora de escolher, também escolhemos esse tema. Ficamos mais inseguros com o desafio em si. Era uma novidade, nós participamos dos campeonatos, e sempre fazemos robôs parecidos, mas quando foi proposto a criação de um robô, e que ainda mais fosse uma solução de problema ambiental, paralisamos (risos)
> **Caio:** É! Por isso ficamos um tempão sem fazer nada, todas as ideias que tínhamos ou eram absurdas demais ou outros grupos já estavam fazendo, qual a graça de fazer o mesmo?

A inclusão deste relato na pesquisa é relevante para enriquecer a compreensão da diversidade de perfis de estudantes presentes em contextos de sala de aula. Neste contexto específico, a observação revelou que a falta de motivação dos estudantes,

inicialmente foi atribuída à percepção de que as atividades propostas eram demasiadamente simples em relação ao seu nível de habilidade. Além disso, percebemos uma carência de criatividade entre os estudantes, fenômeno que foi associado à influência da cultura instrucionista predominante.

Assim, refletimos sobre as limitações das aulas de robótica que adotam predominantemente uma abordagem prescritiva, a qual pode restringir o potencial para o desenvolvimento do PC. Essa abordagem, caracterizada pela execução de atividades repetitivas, não estimula os estudantes a refletirem criticamente sobre suas ações.

No contexto da disciplina eletiva investigada, observamos uma mudança nessas concepções, evidenciando que a abordagem Construcionista tem potencial de fomentar o desenvolvimento do PC. Sendo assim, vamos analisar a perspectiva dos estudantes para entender o que os motivou a mudar de ideia e os desafios que enfrentaram ao aceitar essa proposta.

> **Pesquisadora:** Vocês conseguiram entender a proposta depois? Eu percebi que acabaram se interessando, o que foi que aconteceu?
> **Danilo:** Sim. Depois que vocês (pesquisadora e professor) conversaram com o nosso grupo, entendemos que o projeto simples, poderia ser desafiador, foi a partir daí, que começamos a construir um outro projeto, mesmo que sendo uma adaptação de outro projeto com nossas ideias.
> **Breno:** Nós ficamos bem apreensivos com o prazo. O tempo não ajudou. Tínhamos um projeto bem ambicioso no início, mas quando percebemos que a elaboração de um robô era completamente diferente de cumprir uma missão do campeonato da LEGO, nos sentimos intimidados.
> **Allison:** O nível era outro. Nossa primeira ideia de robô era auxiliar uma estação de tratamento de água, o que acabou mudando para um carro coletor.
> **Pesquisadora:** Mas me tirem uma dúvida, porque lixo hospitalar? Algum motivo específico?
> **Breno:** Na verdade, escolhemos o lixo hospitalar por causa de uma preocupação. Lembrei que minha irmã já se furou com a seringa no lixo, acredita? Eu me lembrei disso, achei que fosse importante propor um robô que cuidasse dessa manipulação, sem falar em tudo que achamos na internet.

Ao encararem um desafio diferente do que estavam habituados, as primeiras reações foram de estranhamento. Em observação nos encontros, a pesquisadora ouviu e registrou em seu diário de campo algumas falas como: “Não sei o que é para fazer, eles não disseram o que exatamente eles querem! ”. Observamos através da experiência em campo, o quanto o hábito de fazer apenas o que é pedido limita a criatividade dos

estudantes. Papert (2008) enfatiza a importância da construção ativa do conhecimento por meio da criação de artefatos tangíveis, o autor argumenta que os estudantes aprendem melhor quando são desafiados a resolver problemas reais e a construir soluções concretas, o que é evidenciado pelo processo iterativo e criativo descrito na pesquisa. No ponto de propor uma solução a um problema é que começamos perceber a manifestação do PC. Conforme delineado por Wing (2006), está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de habilidades para resolver problemas de maneira sistemática e lógica com o PC.

Observamos que ao explorarem ideias para a coleta de resíduos hospitalares, os estudantes pesquisaram desde métodos de coleta manual até sistemas automatizados. No entanto, os estudantes compreenderam através das pesquisas que o tratamento de resíduos perigosos tinha duas vertentes. O descarte inadequado por parte da população e os riscos dos materiais perigosos serem descartados de forma irregular pelas empresas farmacêuticas e pelos centros de saúde.

Em uma pesquisa na internet, conforme mostra a Figura 32, os estudantes se depararam com alguns aspectos dos materiais hospitalares, descobrindo que em sua maioria não podem ser reciclados de forma segura, mas que plásticos, metais, papel, papelão, vidros, assim como os demais materiais recicláveis são inseridos dentro de um processo de reciclagem normal de materiais, sendo, na maioria dos casos, levados a centros de reciclagem ou postos de coleta de materiais recicláveis.

Figura 32: Pesquisa na Internet sobre Lixo Hospitalar

Fonte: Site Pensamento Verde[12]

Os estudantes viram no site Ecycle, que existem alguns acidentes com materiais hospitalares em aterros ou na coleta inadequada desses materiais, principalmente

[12] Pesquisado pelo grupo em: https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/qual-e-o-destino-correto-do-lixo-hospitalar/

quando se pensa no material que é considerado infectante, que pode ser um problema ambiental gravíssimo com relação a contaminação do solo. Pensando nisso, e nos acidentes com o mencionado pelo estudante na entrevista, o grupo C se voltou para a construção do carro coletor que tinha como principal função a coleta segura dos grupos[13] B (químicos), D (resíduos comuns) e E (perfurocortantes), que seriam identificados pelas cores vermelha, azul e verde respectivamente.

Ao definirem o seu projeto, o grupo conseguiu executar importantes ações que mostraram o desenvolvimento do PC. Quando buscaram por um robô que propusesse uma solução para a coleta de lixo de materiais hospitalares, a primeira preocupação foi com a diferenciação desses materiais, conforme o diálogo entre os estudantes:

> **Allison:** Temos os grupos A (potencialmente infectantes), B (químicos), C (rejeitos radioativos), D (resíduos comuns) e E (perfurocortantes). Para fazermos uma coleta segura desses materiais, acredito que no nosso caso os grupos B, D e E são os que a coleta feita por um robô seria uma solução, claro com a supervisão de um ser humano. Vamos fazer um carro que recolha e possa ser manipulado de perto por uma pessoa de forma remota.
> **Breno:** O protótipo tem que mostrar nossa ideia, então era bom fazermos um percurso como se fosse um ambiente que tivesse vários materiais.
> **Danilo:** Ok! Acho que o primeiro passo é pensar em um cenário que remonte a realidade, podemos usar um espaço da mesa, até porque teremos que nos apresentar nela. Então podemos definir o tamanho do cenário, a partir do tamanho do robô, tem que ficar o mais próximo do real, inclusive em relação ao que vai carregar.
> **Breno:** É, vamos então escolher logo qual o tipo de robô, podemos ver os que construímos…
> **Alisson:** Vamos economizar tempo, que tal aproveitarmos o nosso robô Tricky que já está montado e fazer dele como se fosse uma carreta, podemos projetar uma caçamba?
> **Danilo:** Isso! Podemos fazer garras também, aí tudo que ele identificar ele joga na caçamba e despeja em algum lugar.
> **Breno:** É só refazer o movimento do robô Tricky novamente. É a mesma coisa. Ele faz esse mesmo movimento só que não vamos jogar a bola na cesta, vamos "jogar" em uma caixa reservada para cada tipo de material.

[13] Grupos de resíduos perigosos de origem hospitalar classificados pela resolução RDC nº 33/03, de acordo com o *site*: https://www.ecycle.com.br/lixo-hospitalar/#:~:text=De%20acordo%20com%20um%20estudo,partes%20de%20%C3%B3rg%C3%A3os%2C%20pe%C3%A7as%20anat%C3%B4micas.

Os diálogos entre os participantes evidenciaram a expressão do PC, notadamente no que concerne à habilidade de abstração, conforme destacado por Wing (2006) e Vieira (2018). A abstração foi reconhecida quando em meio a discussão dos estudantes ocorreu um processo de separação das partes importantes pertencentes ao robô Tricky e o que deveria ser acrescentado nele. Esse processo cognitivo é crucial no desenvolvimento do PC, constituindo-se como uma ferramenta mental essencial para lidar com a complexidade inerente aos problemas. Segundo Vieira (2018), essa habilidade engloba a capacidade de selecionar abstrações apropriadas e manipulá-las em múltiplas camadas para estabelecer conexões e relações entre elas.

De acordo com Wing (2006), a abstração é aplicada em diversas situações na Ciência da Computação, incluindo a escrita de algoritmos, a seleção de dados relevantes e a organização de módulos em sistemas. Como a ciência da computação é uma ciência baseada em abstração, na qual os cientistas criam modelos para pensar sobre problemas e desenvolvem técnicas para resolvê-los, os estudantes demonstraram sinais desse comportamento. Um exemplo claro disso no diálogo é quando Breno menciona: "[...] Ele faz esse mesmo movimento só que não vamos jogar a bola na cesta, vamos “jogar” em uma caixa reservada para cada tipo de material.", ilustrando o processo de receber uma entrada (com base no funcionamento do Tricky) e produzir uma saída para alcançar um objetivo (as funcionalidades do robô), que representa a elaboração de um algoritmo derivado de abstrações e padrões (reconhecimento de padrões) (Aho, 2011).

No contexto exposto, a definição e implementação de um robô coletor de resíduos hospitalares demandou a aplicação de algoritmos, que consistem em conjuntos de instruções organizadas de maneira clara e ordenada, conforme descrito por Sentance e Csizmadia (2015). Ao considerarem a montagem de um protótipo com base em um robô Tricky já existente, os participantes propuseram a adição de garras para a coleta automatizada de materiais específicos. Esses planos evidenciam a implementação de um algoritmo direcionado para resolver o problema da coleta de resíduos hospitalares.

Como apontado por Sentance e Csizmadia (2015), os algoritmos são sistemas de regras sistemáticas para resolver problemas, semelhantes a uma receita culinária, porém com potencial de aplicação em contextos computacionais, o que é percebido posteriormente, quando Alisson expressou um planejamento claro ao propor as etapas para modificar o robô, visando a coleta automatizada de materiais específicos, o que indica o início do desenvolvimento de um algoritmo prático e claro para a execução da tarefa.

> **Allison:** Primeiro montamos o robô, põe as garras, podem ser as mesmas do jogo de basquete que usamos. Vamos ver se os objetos com as cores que separamos cabem nelas e depois vamos a programação e ver se o percurso e o controle manual são suficientes [...], assim vamos poder testar o lançamento das peças na caçamba.

Essa abordagem ilustra como os algoritmos, combinados com abstrações e padrões, são características que emergem essencialmente do desenvolvimento do PC durante a resolução de desafios do mundo real, como a coleta segura de resíduos hospitalares em ambientes complexos. Com os próximos passos estabelecidos, iniciou-se a jornada da construção efetiva do robô do Grupo C, e os primeiros obstáculos relativos às funcionalidades do robô surgiram. Durante a fase de teste dos sensores, os estudantes identificaram uma confusão do sensor, vejamos no diálogo subsequente:

> **Breno:** Ah, não!
> **Pesquisadora:** O que foi?
> **Allison:** Breno, não é para ele pegar isso não… (retrucou chateado)
> **Breno:** Eu sei! Ele acha que isso é uma das peças…
> **Pesquisadora:** Vocês escolheram que cores?
> **Breno:** Azul, verde e vermelho, mas estou testando o azul, não faz sentido.
> **Caio:** Passa de novo!
> **Allison:** O sensor deve estar confuso, como foi que colocou os comandos?
> **Breno:** Para quando ele vê azul parar e pegar a peça, não é assim. A mesa é verde, talvez esteja confundindo o robô!
> **Allison:** Mostra aí a programação (Figura 33). Vamos resolver, só precisamos descobrir porque ele está parando em lugares aleatórios, se for pela cor da mesa a gente dá um jeito.

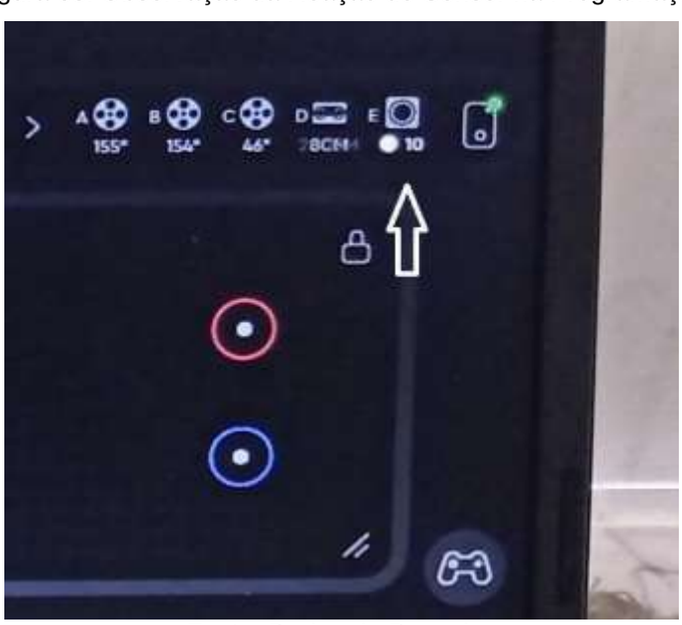
No diálogo apresentado, diversas manifestações do PC emergem. No que se refere à abstração (Wing, 2008), observamos a avaliação por parte dos estudantes acerca do comportamento do robô. Eles buscaram discernir os elementos essenciais do problema, considerando variáveis como a sensibilidade do sensor com relação a superfície sobre a qual o robô operava. Este processo demonstra a capacidade dos estudantes em abstrair detalhes específicos para compreender a natureza mais ampla do desafio enfrentado.

Além da abstração, houve discussão sobre quais sequências de ação tomariam para corrigir um possível erro na programação. Os estudantes analisaram as possíveis

causas do problema separadamente, decompondo-o para entender melhor e resolver, ou seja, consertar o problema que apareceu (Brackmann, 2017). Eles entenderam que era importante identificar tanto o comando que poderia estar causando o problema no funcionamento do robô, quanto ajustar a precisão ou fazer mudanças necessárias no ambiente (como na mesa).

O questionamento de Allison sobre a inserção dos comandos no código provocou uma série de indagações por parte do grupo, os quais buscavam compreender os fatores que influenciavam o comportamento da máquina. A identificação desta questão implica na percepção de que o programa pode ter falhas, o que instigou a equipe a debater possíveis correções para solucionar o problema. Ao propor passos específicos na programação, os estudantes revelaram características do PC em relação a presença de algoritmos. Vejamos na Figura 33 onde os estudantes identificaram o problema.

Figura 33: Observação da Reação do Sensor na Programação



Fonte: Dados da Pesquisa

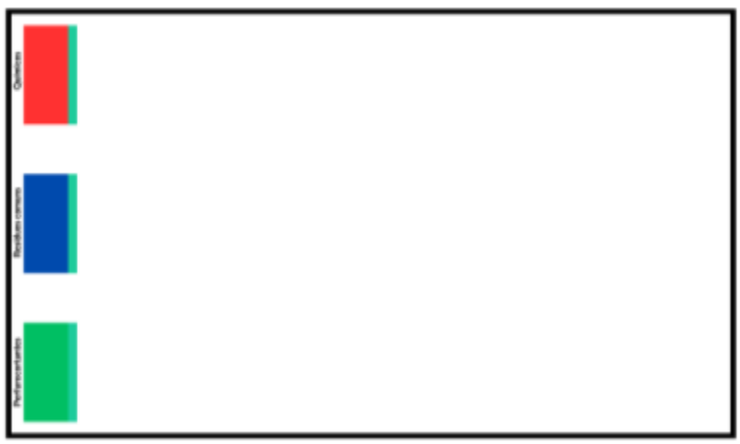
Durante a análise do código de programação por parte dos estudantes, tornou-se manifesta a adoção de uma abordagem colaborativa pela equipe para enfrentar a situação problemática relacionada ao robô, demonstrando habilidades em gestão de problemas (Brennan e Resnick, 2012). É importante notar que, na parte superior da tela de programação, mostrada na Figura 33, observamos os sensores ativos, um deles caracterizado com a letra 'E' é o sensor de cor. Neste momento específico, os estudantes estavam avaliando a sensibilidade do referido sensor e possíveis fontes de confusão. Ao identificarem que a cor programada para o sensor estava sendo erroneamente

interpretada como a cor da mesa em determinados pontos, os estudantes iniciaram uma nova discussão, como evidenciado pelas citações diretas de suas falas:

> **Caio:** Ah, não! Viu! Eu sabia que tinha algo haver com o sensor. Ele está definido para ser azul, mas o robô leva em consideração vários tons de azul. Ele não sabe diferenciar?
> **Allison:** Acho que não, acho que vamos ter que passar para um plano B.
> **Breno:** Mas como vai fazer? Ele sempre vai confundir!
> **Danilo:** Estranho porque no campeonato o tapete é mais colorido e ele não confunde.
> **Breno:** O sensor fica voltado para frente lá, nesse caso está para baixo porque precisamos que ele identifique o que está embaixo nele, não na frente dele.
> **Caio:** Calma, eu tenho uma ideia, já que o sensor está em baixo, precisamos neutralizar a cor do chão (nesse caso a mesa), põe tudo branco…
> **Allison:** Vai pintar a mesa?
> **Caio:** Não, nós vamos imprimir um tapete. Foi até bom, que podemos dar comando para ele voltar se ver preto, colocamos limites no cenário, sabe. Allison, você sabe mexer com o Canva?
> **Allison:** Sei. Gostei da ideia. A gente pode montar um circuito tipo os das competições, sabe, para dar uma direção certa para o robô. Parecido com o robô seguidor de linha, mas sem seguir linha.
> **Danilo**: É, acho que seria uma mão na roda. E dá para usar o Canva para desenhar o circuito, né? Assim a gente já deixa tudo esquematizado.
> **Allison**: Bora marcar então uma reunião depois da aula para começar a botar essa ideia em prática. Acho que vai ajudar pra caramba a melhorar o desempenho do nosso robô.

Através de um processo colaborativo e de uma análise sistemática do problema, os estudantes conseguiram identificar o problema e desenvolver uma solução eficaz, evidenciando uma abordagem característica do PC. Enfrentando o desafio apresentado, os estudantes adotaram uma estratégia que visava mitigar o problema, concebendo um ambiente controlado no qual o robô pudesse operar sem incorrer em confusões de cores. Nesse contexto, conceberam um cenário predefinido, similar aos tapetes empregados em competições, com o intuito de minimizar a interferência provocada por variações de cor no sensor. Para a implementação dessa solução, os estudantes usaram os seus conhecimentos sobre as ferramentas do Canva, resultando na elaboração de um ambiente controlado conforme ilustrado na Figura 34.

Figura 34: Tapete Simulador



Fonte: Dados da pesquisa

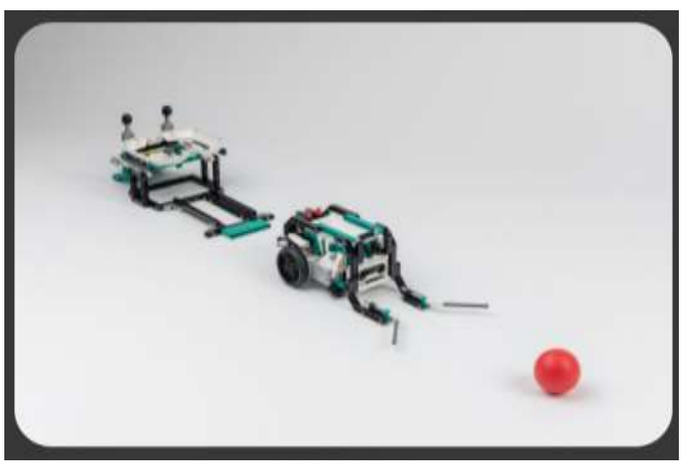
Analisando os dados e observando a elaboração do tapete, identificamos a manifestação de habilidades relacionadas ao PC, com foco especial nos conceitos de decomposição e algoritmo. Os estudantes inicialmente, identificaram uma deficiência na eficácia do ambiente em que o robô executa suas operações, neste caso, a mesa. Logo em seguida, correlacionaram a sensibilidade do sensor de cor com as variações de tonalidade presentes na mesa, as quais comprometem o desempenho do programa. Esta percepção inicial denota um processo de decomposição do problema, no qual os participantes descobriram um desafio específico e procederam à sua divisão em componentes menores, visando uma abordagem mais eficaz e focalizada.

Posteriormente, os estudantes elaboraram uma estratégia para lidar com o problema, propondo a criação de um ambiente controlado semelhante aos tapetes utilizados em competições. Essa proposta reflete a aplicação do conceito de algoritmo, no qual os participantes desenvolveram um plano de ação sequencial para solucionar o problema identificado (Brackmann, 2017). Além disso, a sugestão de utilizar a ferramenta Canva para esquematizar o circuito demonstra uma abordagem sistematizada na busca por soluções.

Além da correção do ambiente, o grupo optou por aprimorar a programação do robô, visando automatizar suas ações e reduzir a necessidade de intervenção humana. Anteriormente, o robô requeria supervisão humana para controlar suas operações, porém, após as modificações implementadas, tornou-se capaz de executar a maioria das tarefas de forma autônoma. Com a criação de um ambiente controlado, a primeira etapa do processo foi concluída, exigindo agora dos estudantes o desenvolvimento de um código capaz de coordenar as ações do robô em resposta a uma ampla gama de situações.

Dentre os vários ajustes que fizeram, encontraram problemas em algumas operações, e o que nos chamou atenção foi a dinâmica do carro coletor. O projeto que os estudantes estavam se inspirando era o Afundanço do *kit* LEGO (Figura 35). No entanto, não sabiam como regular o apanhador para conseguir recolher várias peças em pouco tempo.

Figura 35: Afundanço



Fonte: LEGO Mindstorms

Inspirados pelas habilidades do Afundanço, os estudantes procederam à determinação das estruturas das três caçambas e do Tricky equipado com garras, conforme representado na ilustração da Figura 36. A visualização presente oferece uma representação gráfica das estruturas planejadas, fornecendo uma base tangível para o desenvolvimento subsequente do projeto.

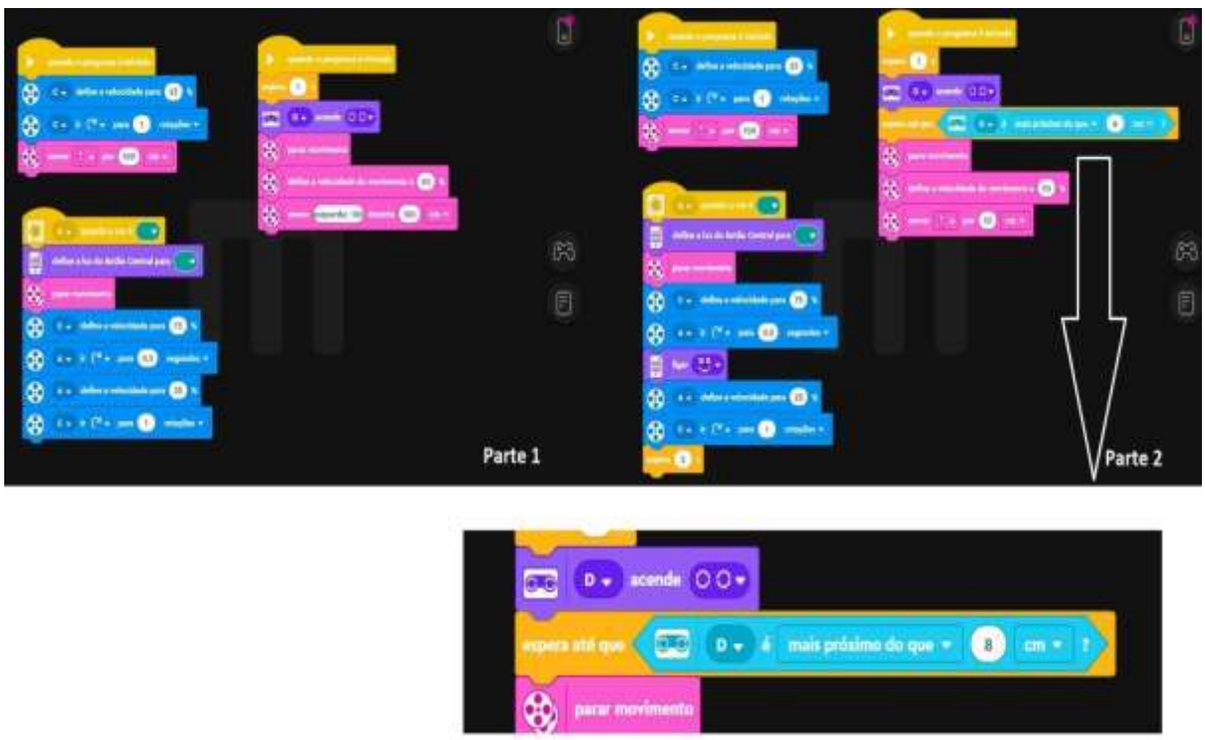
Figura 36: Robô do Grupo C

Fonte: Dados da Pesquisa

Durante o processo de desenvolvimento do programa, Danilo identificou a necessidade de uma execução mais automatizada. O robô do grupo C, requer intervenção humana para realizar a dispensação dos materiais coletados na caçamba designada para cada tipo de material, distinguível por sua respectiva cor. Contudo, a equipe almejava que tal procedimento fosse realizado de forma automática e simultânea

às demais tarefas em curso. A percepção dessa situação pelo estudante e as medidas adotadas para sua correção são elucidadas na Figura 37.

Figura 37: Correção do Código



Fonte: Dados da pesquisa

Ao identificarem a viabilidade de utilizar o sensor ultrassônico como meio de detecção da proximidade da caçamba, Daniel e Allison engajaram-se em uma discussão colaborativa sobre a modificação da programação. O diálogo entre os dois estudantes evoluiu da seguinte maneira:

> **Daniel:** Ei, Allison, acho que podemos dar um jeito de fazer o robô jogar os objetos na caçamba sem precisar dos nossos comandos no *joystick*.
> **Allison:** Hm, interessante. Qual a sua ideia?
> **Daniel:** Bem, pensei em usar o sensor ultrassônico para detectar quando o robô está chegando perto da caçamba. Daí a gente programa ele pra, quando estiver a menos de uns 8 cm de distância, automaticamente jogar o objeto na caçamba. O que acha?
> **Allison:** Ah, faz sentido! A gente pode fazer assim…
> [Mexendo na programação]
> **Allison:** Coloca 'espere até que', aí quando o robô ver a caçamba, para o movimento e depois arremessar.
> **Daniel:** Legal!

> **Allisson:** Mas tem que por tudo ao mesmo tempo para que a ação aconteça ao mesmo tempo que as outras…
> **Daniel:** Com certeza! Vamos mexer no código e testar, se der certo vai ficar bem mais autônomo.

Quando Daniel propôs usar o sensor ultrassônico para resolver o problema de despachar os objetos na caçamba, ele dividiu o problema em partes menores: primeiro detectar a proximidade da caçamba e segundo acionar os braços do robô para o lançamento dos objetos (Brackmann, 2017). Isso evidencia a capacidade de identificar no problema algo abrangente e reduzi-lo em partes menores e mais simples de serem resolvidas.

Além disso, ao discutirem fizeram o reconhecimento de padrões que poderiam ser aplicados para resolver o problema (Wing, 2008). Allison sugeriu usar a instrução "espere até que" para que o robô detecte a caçamba e execute a ação de despacho. Eles reconhecem a semelhança dessa ação com outras que já foram solucionadas anteriormente, aplicando um padrão conhecido para resolver o problema atual. Ao usar o sensor ultrassônico e a instrução "espere até que" demonstra clara abstração diante dos problemas (Wing, 2008). Eles estavam focados em apenas um detalhe para resolver o problema, como a detecção da caçamba e o momento preciso para o despacho dos objetos, ignorando informações irrelevantes.

Por fim, quando estavam testando a implementação do sensor na programação, Daniel e Allison estão essencialmente desenvolvendo um algoritmo. Fato esse que ficou ainda mais evidente quando a pesquisadora os questionou:

> **Pesquisadora:** E aí pessoal, o que estão fazendo?
> **Allison:** Decidimos adicionar o sensor ultrassônico ao projeto.
> **Pesquisadora:** Sério? Achei que estavam controlando tudo pelo joystick do celular.
> **Allison:** Queríamos dar uma turbinada no projeto! (risos)
> **Daniel:** É isso aí! Agora estamos deixando tudo mais automático. Primeiro percebemos que o robô estava dependendo muito da gente, daí tivemos a ideia de programar algumas das suas ações. Tipo, quando ele reconhecer a cor, vai direto para a caçamba certa, para a menos de 8 cm de distância e depois solta o objeto.

Conforme o conceito de algoritmo delineado por Wing (2008), os estudantes desenvolveram passos simples, sequências bem definidas para solucionar cada aspecto

do problema. Este processo incluiu a utilização do sensor ultrassônico para detectar a proximidade da caçamba e a subsequente ativação dos mecanismos do robô responsáveis pelo despacho dos objetos. Portanto, o diálogo entre Daniel e Allison ilustra como o PC aparece na resolução de um problema envolvendo robótica, destacando aspectos importantes na construção de uma solução eficiente e automatizada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

> A mente é um instrumento poderoso, capaz de criar e transformar o mundo. O pensamento é a ferramenta que desencadeia essa capacidade, abrindo caminhos para a inovação, a descoberta e o progresso.
>
> (Seymour Papert)

Ao revisitar a questão norteadora desta pesquisa de mestrado – Como se manifesta o Pensamento Computacional ao longo da construção de projetos robóticos por estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais? – e analisar os dados produzidos à luz do referencial teórico, foram obtidos os seguintes resultados:

O Pensamento Computacional manifesta-se de maneira não linear, caracterizando-se por componentes fundamentais, tais como a decomposição, a abstração, o reconhecimento de padrões e a elaboração de algoritmos. Essas características não emergiram em uma ordem fixa ou sequencial; ao contrário, desenvolvem-se de forma independente, adaptando-se conforme às necessidades específicas impostas pelos problemas a serem resolvidos.

No contexto da robótica, por exemplo, a emergência e a articulação dessas características do Pensamento Computacional ocorrem em resposta direta às demandas impostas pelos desafios enfrentados durante a construção de projetos. A decomposição, que envolveu a divisão de problemas complexos em partes menores e mais manejáveis, aparecia principalmente precedendo ou sucedendo a abstração, a depender da natureza do problema em questão. A abstração, permitiu a simplificação dos elementos essenciais do problema, facilitando o reconhecimento de padrões, que é crucial para identificar soluções aplicáveis a situações diversas.

Além disso, a elaboração de algoritmos – sequências claras e precisas de instruções para a resolução de problemas – emerge de maneira iterativa e muitas vezes simultânea ao reconhecimento de padrões e à abstração. Essa interação dinâmica evidencia a flexibilidade do Pensamento Computacional, que se adaptou continuamente às circunstâncias variáveis e aos desafios apresentados durante a elaboração dos projetos robóticos.

Esse fenômeno delineia a natureza adaptativa e dinâmica do Pensamento Computacional. A capacidade de resposta a problemas complexos e a adaptação constante a novas informações e demandas do ambiente de desenvolvimento são

evidências claras de uma flexibilidade tanto conceitual quanto operacional. Tal flexibilidade não só facilitou a solução eficiente de problemas, como também, promoveu a inovação, permitindo que novas abordagens e estratégias fossem exploradas e implementadas quando necessário.

Os aspectos emergentes dos dados relativos a esse tipo de pensamento demonstraram que a dinâmica de projetos, que desafiava os alunos a propor soluções para problemas reais com foco em seus interesses, promoveu um maior engajamento no processo de construção do robô e no desenvolvimento de habilidades associadas ao Pensamento Computacional. As dificuldades enfrentadas estimularam os estudantes a desenvolver estratégias e delinear etapas subsequentes, exigindo deles autonomia, criatividade e a aplicação dos conhecimentos adquiridos em demandas provenientes de suas próprias ideias. Em outras palavras, os próprios alunos formularam os problemas e buscaram propor soluções, com o objetivo de atender aos seus interesses específicos.

O processo de desenvolvimento do Pensamento Computacional durante a elaboração de um robô, que não seguiu etapas preestabelecidas, configurou-se em discussões colaborativas sobre ideias e conhecimentos específicos, previamente construídos, que foram analisados, revisados e solucionados coletivamente. Em tal dinâmica foi evidenciada uma ênfase significativa nos conceitos de Pensamento Computacional, especificamente nas áreas de decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo, durante a concepção e implementação dos projetos robóticos.

A experimentação mostrou-se fundamental, permitindo que as iterações nos processos de programação e resolução de problemas favorecessem o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Além disso, o ambiente Construcionista demonstrou-se particularmente propício para este tipo de abordagem. Tal perspectiva não apenas facilitou a compreensão das habilidades desenvolvidas pelos estudantes no contexto de uma disciplina eletiva, mas também ressaltou a importância de uma educação que fomente o desenvolvimento de competências essenciais para enfrentar os desafios contemporâneos da sociedade digital.

Foi observado nos três grupos de estudantes, A, B e C, o desenvolvimento de habilidades relacionadas à decomposição, manifestando-se a partir do momento que os estudantes concentraram seus esforços para enfrentar um desafio de aprimorar o tratamento de resíduos com a seletora de lixo, um separador de resíduos e um coletor de lixo. Isso evidenciou que, por meio da decomposição, os estudantes foram capazes de

dividir eficientemente o problema em partes menores e gerenciáveis (Wing, 2008), atribuindo funções distintas para cada parte de sua construção. Ao elaborarem as estratégias na concepção do protótipo, os estudantes demonstraram uma capacidade analítica e organizacional fundamental para o desenvolvimento de soluções.

A decomposição também permitiu aos estudantes identificar claramente os componentes essenciais nos desafios, visando definir tarefas e passos necessários para alcançar o objetivo proposto (Brackmann, 2017). Essa habilidade não apenas facilitou a resolução do problema, mas também destacou a importância do Pensamento Computacional como uma habilidade transversal relevante para abordar problemas do mundo real de maneira sistemática e eficaz.

Já em relação às manifestações dos conceitos de abstração e reconhecimento de padrões, vimos pelos estudantes o aprimoramento dos métodos empreendidos, utilizando conhecimentos anteriores para resolver problemas de maneira mais eficaz (Brackmann, 2017). Observamos a capacidade de estabelecer relações importantes para a criação de novos projetos, na compreensão dos sensores utilizados e na elaboração da programação. Essas habilidades de estabelecer conexões e generalizações a partir de conhecimentos prévios foram identificadas como padrões e abstrações, que foram caracterizadas durante a construção dos projetos robóticos.

Além disso, foi notável quando os estudantes recorreram aos conhecimentos anteriores, pois puderam adaptar soluções existentes para novos problemas, demonstrando assim uma habilidade de abstração e identificação de padrões. Essa capacidade de generalização e adaptação revelou o desenvolvimento do Pensamento Computacional, e permitiu aos estudantes enfrentar desafios complexos de maneira mais autônoma e criativa.

Por fim, o conceito que mais se destacou durante a elaboração de projetos foi o de algoritmo. Esse conceito foi evidenciado na formulação e execução de sequências claras de passos, os quais, de acordo com Brackmann (2017), são caracterizados pela definição e execução de procedimentos específicos que se direcionam a um objetivo definido, como foram percebidos nos dados desta pesquisa.

Os estudantes manifestaram a algoritmização ao estruturar suas atividades de programação e construção em uma série de etapas lógicas e sequenciais, orientadas para alcançar resultados específicos. Esse entendimento foi fundamental para o sucesso na elaboração de seus projetos, pois permitiu aos estudantes desenvolverem uma abordagem sistemática e organizada na resolução de problemas, demonstrando assim

um importante pilar do Pensamento Computacional (Wing, 2006).

Portanto, a capacidade dos estudantes de elaborar e executar algoritmos mostrou não apenas a aquisição de habilidade técnicas, mas também o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a capacidade de processar tarefas complexas em etapas e a habilidade de raciocínio lógico aliado ao desenvolvimento do Pensamento Computacional.

Os grupos A B e C, analisados individualmente, forneceram evidências substanciais não apenas do desenvolvimento do Pensamento Computacional, mas também de outros aspectos relevantes para a sua evolução. O Grupo A era composto por estudantes com conhecimento parcial em programação, no qual os participantes com menos familiaridade com habilidades computacionais progrediram significativamente por meio da interação e experimentação colaborativa. Esse cenário demonstra o potencial do ambiente Construcionista em promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional, uma vez que proporciona um espaço colaborativo para construções significativas para os estudantes.

Os dados da pesquisa indicaram que, diante dos desafios apresentados, os estudantes mostraram uma prontidão notável para buscar soluções, evidenciando um refinamento contínuo das habilidades relacionadas ao Pensamento Computacional. A cada nova iteração com problemas, essas habilidades se tornavam progressivamente mais sofisticadas, ressaltando a eficácia do ambiente educacional que promova a criatividade, facilita o aprendizado e o desenvolvimento dessas competências essenciais.

No Grupo B, composto exclusivamente por alunas, destaca-se a participação feminina na disciplina eletiva, uma vez que as ciências exatas ainda parecem ser mais intimidadoras para as alunas do que para os alunos. As estudantes se sobressaíram pela resiliência e pela curiosidade em explorar um universo desconhecido. Embora não tivessem tido contato prévio com programação e seus conhecimentos estivessem restritos às poucas aulas introdutórias, as alunas desenvolveram habilidades significativas na construção de robôs e manifestaram de forma notável o Pensamento Computacional.

Além disso, a análise deste grupo foi considerada importante, por revelar que a falta de instrução formal em programação não é obstáculo, mas pode ser uma vantagem, pois mesmo sem dominar a linguagem de programação, as estudantes foram capazes de criar um projeto criativo e notável. Esse evento nos levou a constatar que o desenvolvimento do Pensamento Computacional não está necessariamente vinculado ao

domínio prévio de habilidades computacionais. Pelo contrário, ele depende fundamentalmente da criação de condições que promovam o desenvolvimento cognitivo por meio de atividades que estimulem e desafiem suas capacidades de raciocínio.

No Grupo C, observamos que os estudantes que aparentemente possuíam habilidades computacionais mais avançadas, não eram necessariamente, os mais engajados nas atividades envolvendo aparatos computacionais. Este grupo, conforme evidenciado na análise, apresentava um desestímulo significativo, uma condição que não era exclusiva a eles. No entanto, uma mudança de atitude ocorreu devido à intervenção da pesquisadora e do professor colaborador, que conseguiram ressignificar a proposta da atividade junto aos estudantes.

Foi perceptível que estudantes com habilidades em programação demandam desafios mais complexos. No caso específico deste grupo, a falta de motivação estava mais associada ao aprisionamento dos estudantes às instruções com as quais estavam habituados nos campeonatos em que participavam. Desenvolver um projeto novo e único ou até mesmo adaptar um existente, tem uma dinâmica completamente distinta de conceber um projeto por meio de instruções detalhadas. Em todo caso, é essencial que o professor tenha sensibilidade para perceber as necessidades dos estudantes, para motivá-los e dar assistência aos entendimentos das ideias, porém sem intervir de forma excessiva a ponto de reprimir sua autonomia.

A percepção do que foi evidenciado é de extrema importância para os educadores no que se trata do desenvolvimento do Pensamento Computacional, pois os desafios propostos devem ser capazes de desafiar e estimular o desenvolvimento cognitivo do estudante, oferecendo tarefas que sejam executáveis. O estudante não se desenvolverá plenamente se encontrar todo o conhecimento pronto e acabado, limitando-se a executar tarefas por mera imitação de modelos (Papert, 2008). Sendo assim, vemos a perspectiva instrucionista com empecilho para o potencial criativo e autônomo do Pensamento Computacional em relação à busca de soluções de problemas.

Ao comparar os grupos B e C neste estudo, foi observado que, embora o Grupo B tenha demonstrado entusiasmo e comprometimento desde o início, as estudantes enfrentaram dificuldades e não conseguiram concluir o projeto dentro do prazo estipulado. Em contraste, o Grupo C, apesar de iniciar suas atividades nos dias finais da disciplina eletiva, conseguiu entregar o projeto concluído. Este aspecto nos conduziu a refletir sobre a importância do tempo disponível em um ambiente educacional como este, considerando as particularidades de cada grupo de estudantes. As limitações de tempo enfrentadas

pelo Grupo B foram influenciadas pelo número de encontros cancelados devido a diversos compromissos escolares da instituição e às eleições de 2022. Sem essas interrupções, é plausível afirmar que teríamos alcançado progressos mais substanciais nos projetos desenvolvidos.

Essas reflexões nos levam a considerar disciplinas eletivas como espaços propícios para atividades dessa natureza, uma vez que não comprometem o tempo regular de aula e oferecem oportunidades para que os estudantes elaborem ideias sem a pressão imediata de avaliações formais. É imprescindível instigar discussões acerca das potencialidades dos espaços educacionais, especialmente das disciplinas eletivas, como promotores do aprendizado em diversas áreas do conhecimento. Em particular, consideramos tais disciplinas como promissoras para fomentar o desenvolvimento colaborativo e integrador do Pensamento Computacional, cuja difusão em uma comunidade pode ser catalisada pela programação e robótica, que são amplamente atrativas para os estudantes da geração atual.

No entanto, é fundamental reconhecer as limitações e os desafios inerentes à implementação de novas abordagens pedagógicas. Entre esses desafios, destaca-se a resistência de determinados grupos de estudantes que optam por não participar das atividades propostas. Além disso, foi observado a importância da interação social e da experimentação colaborativa como catalisadores desse processo. A interação entre os estudantes, combinada com a disposição para experimentar e resolver problemas de forma colaborativa, foi fundamental para o avanço das habilidades computacionais e do Pensamento Computacional dentro do contexto da construção de projetos robóticos.

Ademais, gostaríamos de pontuar que durante a condução deste estudo em uma escola pública estadual na cidade de Rio Claro (SP), fomos confrontados por diferenças estruturais em relação ao contexto educacional vivenciado pela pesquisadora em seu estado de origem, o Piauí. No âmbito de uma pesquisa qualitativa, é inevitável o pesquisador comparar sua experiência pregressa com a proporcionada pela pesquisa. Portanto, nos distanciar das nossas próprias perspectivas, e ao mesmo tempo não perder de vista as nossas referências, foi um desafio.

A decisão de realizar a coleta de dados em um ambiente natural foi crucial para a imersão na realidade da Escola Professor João Batista Leme, proporcionando uma compreensão das dinâmicas específicas de uma escola de período integral com características estruturais que dão maior suporte aos professores e alunos. Essa experiência nos fez refletir sobre como determinados objetivos educacionais poderiam

ser alcançados, se a maioria das escolas públicas fossem mais estruturadas.

A desigualdade educacional não se restringe apenas às disparidades entre estados, mas também se manifesta entre as cidades e os bairros de uma mesma localidade. Mesmo em escolas aparentemente privilegiadas, como aquela onde a pesquisa foi conduzida, existem desafios específicos a serem enfrentados. A falta de estrutura escolar figura como uma variável importante que compromete a qualidade da educação. Desde o início desta jornada, acompanhamos a trajetória da pesquisadora, cujo relato pessoal já exemplifica as disparidades enfrentadas nesse contexto diversificado.

Considerando o exposto, convidamos o leitor a refletir sobre as realidades enfrentadas pelos estudantes em nosso país e como isso impacta o desenvolvimento da educação em diversas dimensões. Embora a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sirva como um documento orientador, delineando idealmente o que os estudantes brasileiros precisam saber, torna-se evidente que, para alguns, essas oportunidades podem não ser igualmente acessíveis, abrangendo não apenas os estudantes, mas também os professores, em um contexto de desigualdade.

Quando a BNCC aborda o Pensamento Computacional, isso naturalmente suscita uma série de questões que devem ser consideradas diante de uma nova proposta, especialmente quando essa proposta envolve meios computacionais. Surge, assim, o questionamento: como os professores da educação básica podem oferecer experiências que visam desenvolver o Pensamento Computacional, considerando as limitações estruturais e de conhecimento disponíveis?

Nesse contexto, a discussão se amplia para contemplar os desafios enfrentados pelos educadores ao integrar o Pensamento Computacional em suas demandas curriculares, dadas as restrições de infraestrutura e formação adequada. É crucial explorar estratégias e alternativas viáveis para capacitar os professores e tornar acessíveis as experiências educacionais necessárias para o desenvolvimento dessas habilidades computacionais essenciais.

Por outro lado, é crucial reconhecer a necessidade urgente de desenvolver novas habilidades relacionadas às tecnologias digitais e, mais recentemente, à inteligência artificial, exigidas dos cidadãos do século XXI. Seria preocupante se uma parte da população tivesse acesso a certos conhecimentos enquanto outros não, o que poderia aumentar ainda mais as desigualdades sociais. No entanto, essa disparidade já é observada de maneira geral em relação a outros conteúdos nas redes públicas de ensino.

Outro ponto importante a ser considerado são as particularidades do ambiente escolar onde a pesquisa foi realizada. Por ter à disposição equipamentos e estrutura, a escola em questão não pode ser generalizada como padrão para outras realidades educacionais. Isso nos leva a questionar como iniciativas semelhantes poderiam ser implementadas em contextos menos favorecidos, onde a presença de computadores e robôs pode não ser uma realidade. Nesse sentido, as atividades desplugadas, a cultura maker e as atividades no Scratch JR, emergem como uma possível alternativa, oferecendo espaços e recursos para o desenvolvimento de habilidades práticas e criativas, mesmo em ambientes com recursos limitados.

Além disso, é relevante destacar que, devido às demandas para o desenvolvimento do Pensamento Computacional na Educação Básica, esta pesquisa proporciona uma nova perspectiva sobre as disciplinas eletivas como espaços propícios para a realização de atividades voltadas a essa competência, indo além das aulas de matemática e possibilitando uma abordagem transdisciplinar e/ou interdisciplinar.

Os dados coletados indicaram que a Robótica Educacional e a programação, por meio de desafios que permitem aos estudantes a criatividade de construir artefatos de interesse pessoal, oferecem os estímulos necessários para a construção de conhecimento. Adicionalmente, essas práticas contribuem para o desenvolvimento de habilidades associadas ao Pensamento Computacional. Assim, essa abordagem não apenas facilita a produção de conhecimentos técnicos, mas também promove um ambiente de aprendizagem ativa e engajadora, essencial para a trajetória formativa dos estudantes.

No contexto do desenvolvimento do Pensamento Computacional, compreender como esse processo acontece é primordial. Sendo assim, a avaliação adequada exige não apenas a observação de habilidades específicas, como a decomposição de problemas, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos, mas também uma compreensão das interações entre essas habilidades e sua prática em diferentes contextos. Além disso, o ambiente educacional deve ser capaz de oferecer tempo suficiente para que os estudantes possam experimentar, errar e aprender com seus erros, promovendo assim um desenvolvimento do Pensamento Computacional.

A formação adequada dos professores desempenha um papel crucial nesse processo, pois são eles que orientam e facilitam as experiências de aprendizado dos estudantes. Os professores precisam estar preparados para integrar o Pensamento Computacional em suas práticas pedagógicas, proporcionando aos estudantes

oportunidades de desenvolver e aplicar habilidades computacionais em projetos no ambiente escolar.

Portanto, concluímos que a imersão em um ambiente caracterizado por abordagens Construcionistas, com ênfase na elaboração de projetos robóticos, possibilitou a manifestação de habilidades associadas ao Pensamento Computacional, principalmente os conceitos de reconhecimento de padrões, abstração, decomposição e algoritmo, percebidas ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Como perspectivas futuras, sugerimos aprofundar pesquisas sobre a avaliação do Pensamento Computacional em ambientes educacionais, por meio do desenvolvimento e validação de instrumentos de avaliação para observar o desenvolvimento do Pensamento Computacional em estudantes de diversas faixas etárias e contextos escolares. Além disso, propomos investigar o desenvolvimento do Pensamento Computacional em contextos socioeconômicos diversos, explorando como fatores socioeconômicos, culturais e de infraestrutura (física e formação de professores) influenciam esse desenvolvimento entre os estudantes, identificando estratégias para mitigar desigualdades nesse contexto. Por fim, sugerimos a realização de estudos longitudinais sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional, com o objetivo de acompanhar o progresso dessa habilidade ao longo do tempo em estudantes desde a infância até a adolescência, identificando padrões de desenvolvimento e fatores influentes.

É importante ressaltar que as considerações apresentadas não encerram o debate, mas sim destacar o que foi aprendido e as questões e críticas levantadas durante a pesquisa. Esperamos que este estudo estimule novas discussões e contribua para o avanço da temática, incentivando a identificação de estratégias mais eficazes para disseminar e democratizar o acesso a abordagens para o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Além disso, esperamos que esta pesquisa contribua para o progresso de investigações que reconheçam a importância da integração das tecnologias digitais na Educação Matemática.

REFERÊNCIAS

ADAMI, A. **LEGO Mindstorms**. Disponível em: https://www.infoescola.com/tecnologia/lego-mindstorms/. Acesso em: 10 set. 2022.

AHO, A. M. **Computation and Computational Thinking**; Ubiquity Symposium, 2011. Disponível em: http://ubiquity.acm.org/article.cfm?id=1922682. Acesso em: 07 nov. 2022.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. **Construindo pesquisas coletivamente em educação matemática**. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.). Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2012, p. 25-45.

AZEVEDO, G. T. **Processo Formativo em Matemática: Invenções Robóticas para o Parkinson**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2022.

AZEVEDO, G. T.; MALTEMPI, M. V. **Processo formativo em matemática e robótica: construcionismo, pensamento computacional e aprendizagem criativa.** Tecnologias, Sociedade e Conhecimento, Campinas, v. 7, n. 2, p. 85-227, 2020.

BARR, V.; STEPHENSON, C. **Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?** Acm Inroads, New York, v. 2, n. 1, p. 48-54, 2011.

BARR, V.; HARRISON, J.; CONERY, L. **Computational thinking: A digital age skill for everyone.** Learning & Leading with Technology, v. 38, n. 6, p. 20-23, 2011.

BBC LEARNING, B. **What is computational thinking?** 2015. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/education/guides/zp92mp3/revision. Acesso em: 23. mai. 2022.

BARBERO, A.; DEMO, B. G. **The art of programming in a Technical Institute after the Italian secondary school reform.** Proceedings ISSEP 2011. Bratislava: [s.n.]. 2011.

BICUDO, M. A. V. **A pesquisa em educação matemática: a prevalência da abordagem qualitativa.** R.B.E.C.T., v. 5, n. 2, p. 15-26, mai-ago. 2012.

BLIKSTEIN, P. **O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação**. 2008. Disponível em: http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.html. Acesso em: 21. abr. 2022.

BLIKSTEIN, P., BARBOSA, R., CAMPOS, F., & MACEDO, L. **Tecnologias para uma educação com equidade.** Relatório de Politica Educacional. 2021. Disponível em: https://www.academia.edu/s/0131b68ac9?source=created_email. Acesso em: 02, out. 2023.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos.** Porto: Porto Editora, 1999.

BORBA, M de C. **A pesquisa qualitativa em educação matemática.** 27a reunião anual da Anped, Caxambu, MG, 21-24 nov. 2004.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na educação básica.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, 2017.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Ministério da Educação. Brasília, 2018.

BRASIL. **Resumo Técnico: Censo Escolar da Educação Básica.** Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. 2019.

BRASIL. **Conselho Nacional de Educação.** Processo nº: 23001.001050/2019-18. Ministério da Educação. Distrito Federal: Ministério da Educação, 01 abr. 2021. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2021-pdf/182481-texto-referencia-normas-sobre-computacao-na-educacao-basica/file. PDF. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. **Complemento à Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2022.

BRENNAN, K.; RESNICK, M. **New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.** AERA 2012, Vancouver, Canada, 2012. Disponível em: http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf. Acesso em: 8 jan. 2023.

BRITO, R. C.s; GALON, H. E. **Introdução aos ambientes de programação NXT-G e leJOS para o LEGO MINDSTORMS.** Curitiba: UTFPR Editora, 2016.

CODE.ORG. **Instructor Handbook - Code Studio Lesson Plans for Courses One, Two, and Three.** CODE.ORG, 2015. Disponível em: https://code.org/curriculum/docs/k-5/complete.pdf. Acesso em: 9 out 2022.

CURCIO, C. P. de C. **Proposta de Método de Robótica Educacional de Baixo Custo.** 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia (Prodetec), Instituto de Tecnologia Para O Desenvolvimento (Lactec), Curitiba, 2008. Disponível em: http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/christinacurcio.pdf. Acesso em: 5 set. 2023.

CSTA, ISTE. **Computational Thinking in K-12 Education – Leadership Toolkit.** 2011. Acesso em 23 jul. 2023. Online. Disponível em: https://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/471.11CTLeadershiptToolkit-SPvF.pdf

GADANIDIS, G.; et al. **Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem.** Math Educ, v. 3, p. 77 - 96, 2017.

GATTI, G.; ANDRÉ, M. **A relevância dos métodos de pesquisa qualitativa em educação no Brasil.** In: WELLER, W.; PFAFF, N. 9 Orgs.). Metodologias de pesquisa qualitativa em educação: teoria e prática. Petrópolis: Vozes, 2013. p. 29-38.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais.** 13. Ed. Rio de Janeiro: Record, 2013.

GROVER, S.; PEA, R. **Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field.** Educational Researcher, v. 42, n. 1, p. 38–43, 2013.

LEGO GROUP. **Help and support LEGO Mindstorms Robot inventor 51515**. 2020.

LINCOLN, Y.; GUBA, E. **Postpositivism and the naturalist paradigm.** In: LINCOLN, Y.; GUBA, E. Naturalistic inquiry. Londres: Sage Publications, 1985. p. 14-46.

LIUKAS, L. **Hello Ruby: adventures in coding.** Feiwel & Friends, 2015.

LOPES, D. de Q. **Exploração de modelos e o nível de abstração nas construções criativas com Robótica Educacional.** 2008. 174 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. de. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, c1986.

MAISONNETTE, R. **A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina: a robótica educativa.** PROINFO-Programa Nacional de Informática na Educação, Curitiba-PR, v. 1, p. 35, 2002.

MALTEMPI, M. V. **Construção de Páginas Web: depuração e especificação de um ambiente de aprendizagem.** 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MALTEMPI, M. V. **Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à educação matemática.** In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (Org.). Educação Matemática: pesquisa em movimento. São Paulo: Editora Cortez, p. 264-282, 2004.

MALTEMPI, M. V. **Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e perspectivas.** In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2005, Porto. Anais... Porto: Universidade do Porto, 2005, p. 1-11. Disponível em: http://www.rc.unesp.br/igce/demac/maltempi/Publicacao/Maltempi-cibem.pdf. Acesso em: 12 ago. 2023.

MALTEMPI, M.V. **Educação matemática e tecnologias digitais: reflexões sobre a prática docente.** Revista Acta Scientiae (ULBRA), v.10, n.1, p. 59-67. 2008.

MALTEMPI, M. V. **Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à Educação Matemática.** In: BICUDO, M.A.V.; BORBA, M.C. (Org.). Educação Matemática: pesquisa em movimento. São Paulo: Cortez, 2012. p. 287 – 307.

MANNILA, L.; DAGIENE, V.; DEMO, B.; GRGURIN, N.; MIROLO, C.; ROLANDSSON, L.; SETTLE, A. **Computational Thinking in K-9 Education.** In: Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference. Uppsala, Sweden, p. 1-29, 2014.

MARTINHO, M. H. S. S. **A comunicação na sala de aula de Matemática: um projeto colaborativo com três professoras do ensino básico.** 2007. 472 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

PAPERT, S. **LOGO: Computadores e Educação.** São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. **“Introduction”.** In I. Harel (Ed.), Constructionist Learning. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory. 1990.

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 jul. 2022.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática.** Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 2008.

PIAGET, J. **Abstração Reflexionante - Relações Lógico-Aritméticas e Ordem das Relações Espaciais.** Porto Alegre: Artes Médicas. 1995.

POUPART, J. **A entrevista de tipo qualitativo: considerações epistemológicas, teóricas e metodológicas.** In: POUPART, J. et al. (Org.). A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, Vozes, 2008. p. 215-253.

RESNICK, M.; FLANAGAN, M.; KELLEHER, C.; MACLAURIN, M.; OHSHIMA, Y.; PERLIN, K.; TORRES, R. **Growing Up Programming: Democratizing the Creation of Dynamic Interactive Media.** Proceedings of the CHI (Computer-Human Interaction) '09 conference. Boston, 2009.

RESNICK, M. **A tecnologia deve levar o aluno a ser um pensador criativo.** Nova Escola. 01 jul. 2014. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/905/mitchel-resnick-a-tecnologia-deve-levar-o-aluno-a-ser-um-pensador-criativo. Acesso em: 03 jul. 2022.

RESNICK, M. **Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play.** The MIT Press, 2017.

SÃO PAULO. **Diretrizes do Programa de Ensino Integral.** Secretaria do Estado da Educação, Imprensa Oficial, 2014.

SÃO PAULO. **Valores, Princípios e Premissas.** Secretaria do Estado da Educação, Imprensa Oficial, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. **Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica**. 2016. Disponível em:

http://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/131-curriculos-de-referencia/1177-diretrizes-para-ensino-de-computacao-na-educacao-basica. Acesso em: abr. 2023.

SENTANCE, S.; CSIZMADIA, A. **Teachers' perspectives on successful strategies for teaching Computing in school.** 2015.

SCHONS, C.; PRIMAZ, E.; WIRTH, G. A. P. **Introdução à robótica educativa na instituição escolar para alunos do ensino fundamental da disciplina de língua espanhola através das novas tecnologias de aprendizagem.** In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO DA REGIÃO SUL, 1., 2004, Porto Alegre - RS. Anais... Porto Alegre: SBC. p.11. 2004.

SILVA E., JAVARONI S. L. **Pensamento computacional e atividades com robótica para a promoção da aprendizagem sobre o significado do resto da divisão euclidiana.** In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE), volume 29, page 815, 2018.

SOUZA, M. L.; ANDRADE, W. L.; SAMPAIO, L. M. R.; ARAUJO, A. L. S. O. **A systematic review on the use of LEGO® Robotics in education.** In: IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2018.

SOUZA, M. A. M.; DUARTE, J. R. R. **Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil.** Physics Education, v. 50, n. 4, p. 482-488, jun 2015. Disponível em: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/4/482/meta. Acesso em: 11 out. 2022.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação.** Campinas. Unicamp/NIED, 2. ed., 1998.

VALENTE, J. A. **Espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. Campinas. 2005. 232f. Tese (Livre-Docência) Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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.** Revista e-Curriculum, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 864-897, 2016.

VALENTE, J. A.; FREIRE, F. M. P.; ARANTE, F. L. **Tecnologia e Educação: passado, presente e o que está por vir.** NIED/UNICAMP. Campinas/SP. 2018.

VIEIRA, M. F. V. **Pensamento Computacional com Enfoque Construcionista no Desenvolvimento de Diferentes Aprendizagens.** 2018. 182f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2018.

WING, J. M. **Computational Thinking.** Communications of the ACM, v. 49, n. 3, p. 33-35, mar. 2006. Disponível em: https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf. Acesso em: 04 mai. 2022.

WING, J. M. **Computational thinking and thinking about computing.** 2008. Disponível em: http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/papers/TheLinkWing.pdf. Acesso em: junho de 2022.

WING, J. M. **Computational thinking: what and why?** 2010. Disponível em: http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf. Acesso em: 26 mai. 2022.

WING, J. M. **Research notebook: computational thinking – what and why?** The link. Pittsburgh: Carnegie Mellon, 2011. Disponível em: . Acesso em: 04 nov. 2022.

WING, J. M. **Computational Thinking Benefits Society.** Social Issues in Computing, 2014. Disponível em: http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/. Acesso em: setembro de 2022.

WING, J. M. **Pensamento Computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar.** Revista Brasileira de Ensino, Ciência e Tecnologia (RBECT), Ponta Grossa, v. 9,

n. 2, p. 1-10, mai./ago. 2016.

YIN, R. K. **Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim.** Porto Alegre: Penso, 2016. 286 p. (E-PUB). Tradução de: Daniel Bueno; revisão técnica: Dirceu da Silva.

APÊNDICES

Apêndice A: Formulário on-line respondido pelos estudantes

DISCIPLINA ELETIVA DE ROBÓTICA

Meus queridos colegas da eletiva de robótica, espero que todos estejam bem.
Para melhor nos conhecer preparei algumas perguntas, perguntas essas que me ajudaram a desenhar os passos durante nosso encontros. Lembrando que essas perguntas não terão divulgação de seus nomes, tudo isso para preserva a integridade de cada um. Desde já agradeço!
Qualquer dúvida posso atender pelo WhatsApp : 86994649404

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Seu nome ? *

2. Você esta no 8º ano ou 9º ano? *

   Marcar apenas uma oval.

   - ◯ 8º ano
   - ◯ 9º ano

3. A qual grupo pertence? *

   Marcar apenas uma oval.

   - ◯ 1
   - ◯ 2
   - ◯ 3
   - ◯ 4
   - ◯ 5
   - ◯ 6
   - ◯ 7
   - ◯ 8
   - ◯ 9

4. Sempre estudou em escola pública? *

   Marcar apenas uma oval.

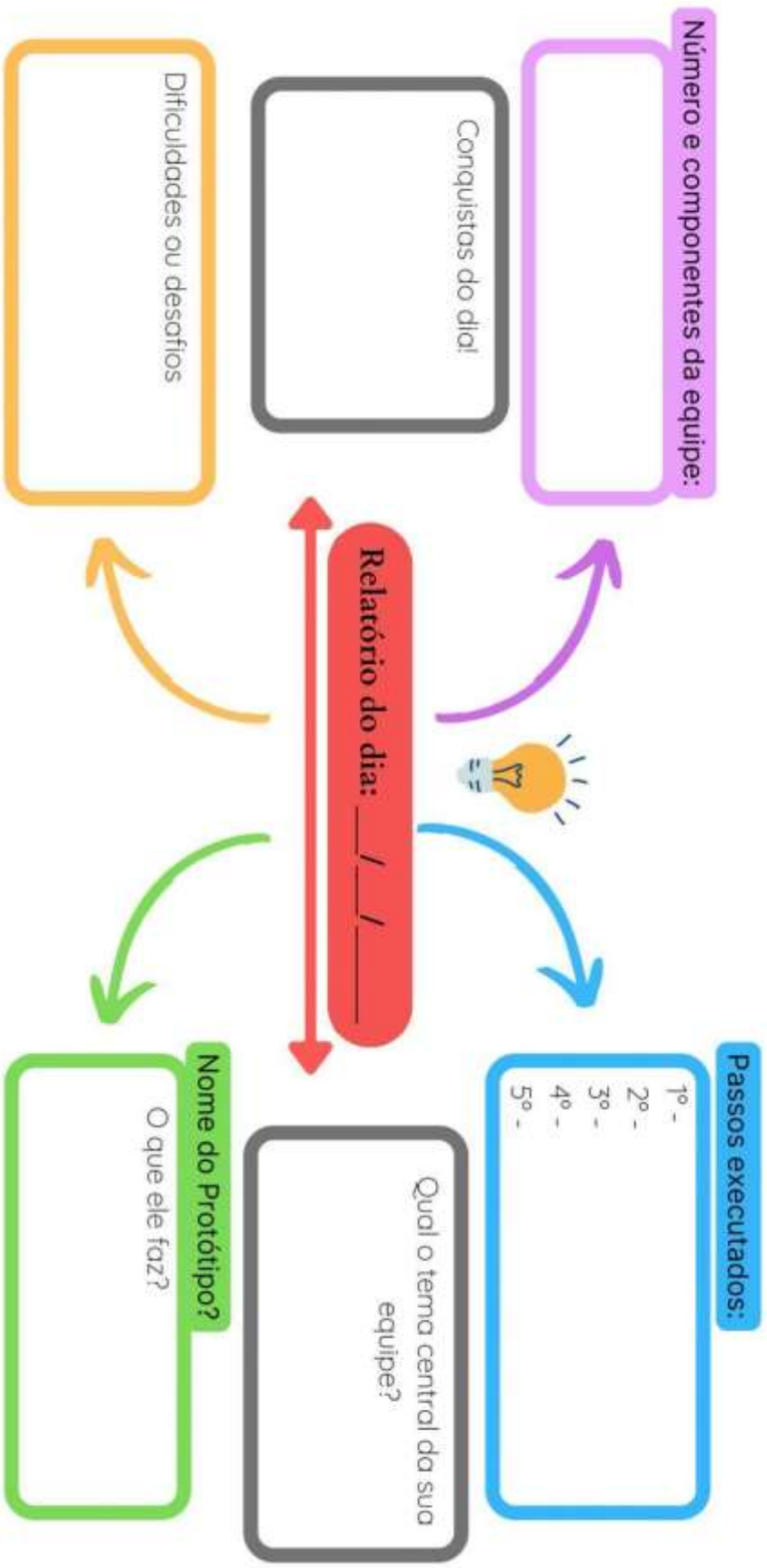
   - ◯ SIM
   - ◯ NÃO

5. Porque escolheu a disciplina eletiva de robótica? *

6. Com tanta tecnologia atualmente, o que você acha que deveria mudar na nossa sociedade com elas que ainda não mudou? *

7. Se pudesse fazer alguma mudança no mundo por meio das tecnologias (Robótica), o que faria? *

Apêndice B: Modelo de relatório usado nos encontros



Apêndice C: Roteiro semi-estruturado das entrevistas

ENTREVISTA

Roteiro de entrevista para Explorar a Experiência dos Estudantes na Disciplina Eletiva de Robótica

1) Como foi pra vocês começar a disciplina eletiva de robótica? Quais foram as primeiras impressões e os desafios que vocês enfrentaram?

2) O que vocês esperavam antes de começar os encontros da eletiva de robótica e como foi na realidade? Foi diferente do que vocês imaginavam?

3) Quais ferramentas vocês aprenderam durante os encontros? Tem algum exemplo legal de como usaram isso no projeto?

4) Me conta um pouco sobre o projeto que vocês fizeram. Quais foram os principais desafios e como vocês resolveram?

5) Como foi trabalhar em equipe nos projetos de robótica? O que acham que aprenderam com isso?

6) De que maneiras a aula de robótica incentivou a criatividade e a inovação de vocês? Podem compartilhar um momento em que se sentiram especialmente criativos ou inovadores?

7) Como vocês acham que a experiência na aula de robótica vai influenciar o futuro acadêmico e profissional de vocês? Têm planos continuar explorando essa área?

ANEXOS

Anexo A: TALE

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UNESP

TERMO DE ASSENTIMENTO

Prezado participante,

Você está sendo convidado (a) para participar de uma pesquisa intitulada "Programação no ambiente Scratch: caminho possível para a abordagem de probabilidade e estatística" que será desenvolvida por Ingrid Oara Lopes Ferreira mestranda do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, sob a orientação do Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi, docente do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação – DEMAC. O objetivo da referida pesquisa é investigar atividades de programação realizadas pelo 6° ano do Ensino Fundamental para o desenvolvimento de conceitos relacionados ao Pensamento Computacional e à Probabilidade e Estatística. Os benefícios da pesquisa são: ter como opção uma atividade aplicável para outras turmas no Ensino Fundamental, bem como entender a incorporação do Pensamento Computacional citado pela BNCC. Além disso, muitos estudos revelam os grandes potenciais do Pensamento Computacional, uso de programação no Scratch e a grande importância social dos conhecimentos de Probabilidade e Estatística. Os benefícios da pesquisa se efetivam, de modo geral, na forma de contribuições para aprofundar os estudos sobre as temáticas apresentadas, produzir atividades pedagógicas de programação para a Educação Básica que trabalham o Pensamento Computacional e suas contribuições para o ensino e a aprendizagem em Matemática, além de contribuir com trabalhos científicos na área de Educação Matemática. Possibilidade de participação em pesquisa com estudo a respeito do uso de tecnologias digitais nos processos de ensino e aprendizagem matemática. Caso você aceite participar desta pesquisa deverá realizar as atividades proposta durante a disciplina eletiva de robótica a ser ministrada no segundo semestre de 2022, na Escola Estadual Professor João Batista Leme, principalmente, entre os meses de setembro a novembro, sob a observação da pesquisadora responsável que estará filmando e anotando tudo o que ocorrerá durante essa disciplina eletiva. Na aplicação das atividades com Scratch, serão propostas investigações sobre o esquema de coleta de lixo da cidade de Rio Claro/SP e como o conhecimento de matemática e robótica aliados poderia otimizar o processo. Esse procedimento de pesquisa pode gerar riscos, observamos que os instrumentos a serem utilizados para a produção dos dados não oferecem risco à saúde podendo oferecer possibilidades de constrangimento para durante as observações. No entanto, se o participante se sentir constrangido ele poderá desistir de participar da pesquisa a qualquer tempo. Para minimizar esses riscos todo material obtido na produção dos dados será mantido sob guarda da pesquisadora responsável, Ingrid Oara Lopes Ferreira. Os arquivos digitais serão guardados em seu computador pessoal, a partir do download dos dados coletados, apagando-se todo e qualquer registro em plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem". Em caso de roubo e/ou hackeamento desse computador serão tompadas as medidas cabíveis conforme a Lei 12.737/12 que trata de crimes cibernéticos. A qualquer momento, antes, durante ou após sua participação coloco-me à disposição para esclarecimentos sobre eventuais dúvidas que possam surgir com a pesquisa. A participação é voluntária e sua recusa em participar não lhe provocará nenhum dano ou punição. Você poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. Os materiais físicos e digitais produzidos pelos estudantes serão anônimos contando na sua identificação e introdução com o termo de consentimento e assentimento para uso dos dados, apenas o Professor colaborador da escola terá seu nome revelado, com seu consentimento e assentimento para o uso de imagem. Será garantido o sigilo e a privacidade de sua participação. Os dados coletados são confidenciais e serão utilizados unicamente para fins de pesquisa. Para participar não terá nenhuma despesa, bem como, não terá qualquer tipo de remuneração. Mesmo seu responsável legal tendo consentido na sua participação na pesquisa, você não é obrigado a participar da mesma se não desejar. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via original deste Termo de Esclarecimento ficará com você.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: **Ingrid Oara Lopes Ferreira, pesquisadora responsável, Avenida 24 A,1515 - Rio Claro/SP - CEP 13506-900. E-mail: ingrid.oara@unesp.br e Fone: 86 99464-9404** e com o orientador: **Marcus Vinicius Maltempi, Avenida 24 A, 1515 - Rio Claro/SP - CEP 13506-900. E-mail: marcus.maltempi@unesp.br e Fone: (19) 3526-9092.** Poderá também entrar em contato com o **Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos da UNESP.**

Eu, _____, fui informado (a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Receberei uma via deste termo assentimento.
Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

_____
Assinatura do (a) menor

_____
Assinatura do (a) pesquisador (a)

Rio Claro,….. de …….....de 2022.

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:
CEP – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – UNESP
ENDEREÇO: CHACÁRA BUTIGNOLI S/N, RUBIÃO JÚNIOR – BOTUCATU – SÃO PAULO, CEP: 18618-970 (LOCALIZADO NA FAMESP) FONE: (14) 3880-1608 / (14) 3880-1609, CEP FMB/UNESP.
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: INGRID OARA LOPES FERREIRA
CARGO/FUNÇÃO: ALUNA DE MESTRADO DO PPGEM
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS"
ENDEREÇO: AVENIDA 24 A,1515 - RIO CLARO/SP - CEP 13506-900
DADOS PARA CONTATO: FONE E-MAIL: 86 99464-9404 E INGRID.OARA@UNESP.BR
ORIENTADOR: PROF. DR. MARCUS VINICIUS MALTEMPI
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS"
ENDEREÇO: AVENIDA 24 A,1515 - RIO CLARO/SP - CEP 13506-900
DADOS PARA CONTATO: FONE E-MAIL:(19) 3526-9092 E MARCUS.MALTEMPI@UNESP.BR

Anexo B: TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE)
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12 e 510/16)

O (a) Sr (a) está sendo convidado (a) para participar de uma pesquisa intitulada "Programação no ambiente Scratch: caminho possível para a abordagem de probabilidade e estatística" que será desenvolvida por Ingrid Oara Lopes Ferreira mestranda do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, sob a orientação do Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi, docente do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação – DEMAC. O objetivo da referida pesquisa é investigar atividades de programação realizadas pelo 6° ano do Ensino Fundamental para o desenvolvimento de conceitos relacionados ao Pensamento Computacional e à Probabilidade e Estatística. Os benefícios da pesquisa são: ter como opção uma atividade aplicável para outras turmas no Ensino Fundamental, bem como entender a incorporação do Pensamento Computacional citado pela BNCC. Além disso, muitos estudos revelam os grandes potenciais do Pensamento Computacional, uso de programação no Scratch e a grande importância social dos conhecimentos de Probabilidade e Estatística. Os benefícios da pesquisa se efetivam, de modo geral, na forma de contribuições para aprofundar os estudos sobre as temáticas apresentadas, produzir atividades pedagógicas de programação para a Educação Básica que trabalham o Pensamento Computacional e suas contribuições para o ensino e a aprendizagem em Matemática, além de contribuir com trabalhos científicos na área de Educação Matemática. Possibilidade de participação em pesquisa com estudo a respeito do uso de tecnologias digitais nos processos de ensino e aprendizagem matemática.

Caso o(a) Sr(a) aceite participar desta pesquisa deverá realizar as atividades proposta durante a disciplina eletiva de robótica a ser ministrada no segundo semestre de 2022, na Escola Estadual Professor João Batista Leme, principalmente, entre os meses de Setembro a Novembro, sob a observação da pesquisadora responsável que estará filmando e anotando tudo o que ocorrerá durante essa disciplina eletiva. Na aplicação das atividades com Scratch, serão propostas investigações sobre o esquema de coleta de lixo da cidade de Rio Claro/SP e como o conhecimento de matemática e robótica aliados poderia otimizar o processo. Esse procedimento de pesquisa pode gerar riscos, observamos que os instrumentos a serem utilizados para a produção dos dados não oferecem risco à saúde podendo oferecer possibilidades de constrangimento para durante as observações. No entanto, se o participante se sentir constrangido ele poderá desistir de participar da pesquisa a qualquer tempo. Para minimizar esses riscos todo material obtido na produção dos dados será mantido sob guarda da pesquisadora responsável, Ingrid Oara Lopes Ferreira. Os arquivos digitais serão guardados em seu computador pessoal, a partir do download dos dados coletados, apagando-se todo e qualquer registro em plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem". Em caso de roubo e/ou hackeamento desse computador serão tomadas as medidas cabíveis conforme a Lei 12.737/12 que trata de crimes cibernéticos. A qualquer momento, antes, durante ou após sua participação coloco-me à disposição para esclarecimentos sobre eventuais dúvidas que possam surgir com a pesquisa. A participação é voluntária e sua recusa em participar não lhe provocará nenhum dano ou punição. Você poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. Os materiais físicos e digitais produzidos pelos estudantes serão anônimos contando na sua identificação e introdução com o termo de consentimento e assentimento para uso dos dados, apenas o Professor colaborador da escola terá seu nome revelado, com seu consentimento e assentimento para o uso de imagem. Será garantido o sigilo e a privacidade de sua participação. Os dados coletados são confidenciais e serão utilizados unicamente para fins de pesquisa. Para participar não terá nenhuma despesa, bem como, não terá qualquer tipo de remuneração. Se o (a) senhor (a) se sentir esclarecido sobre a pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o (a) a assinar este termo, elaborado em duas vias, sendo que uma ficará com o senhor (a) e a outra com o pesquisador.

Rio Claro - SP, 23 de maio de 2022.

_____
Assinatura do Pesquisador Responsável

_____
Assinatura do participante da pesquisa e/ou representante legal (se for o caso)

Dados sobre a Pesquisa:
Título do Projeto: Programação no ambiente Scratch: caminho possível para a abordagem de probabilidade e estatística

Pesquisador Responsável: Ingrid Oara Lopes Ferreira
Cargo/função: Aluna de Mestrado do PPGEM
Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Instituto De Geociências e Ciências Exatas"
Endereço: Avenida 24 A,1515 - Rio Claro/SP - CEP 13506-900
Dados para Contato: fone e-mail: 86 99464-9404 e ingrid.oara@unesp.br

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi
Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Instituto De Geociências e Ciências Exatas"
Endereço: Avenida 24 A,1515 - Rio Claro/SP - CEP 13506-900
Dados para Contato: fone e-mail:(19) 3526-9092 e marcus.maltempi@unesp.br

Dados sobre o participante da Pesquisa:
Nome:
Documento de Identidade:
Sexo: Data de Nascimento: / /
Endereço:
Telefone para contato:

(OBS- Informar os dados do representante legal, se for o caso).

CEP/UNESP
Endereço: CHACÁRA BUTIGNOLI S/N, RUBIÃO JÚNIOR – BOTUCATU – SÃO PAULO, CEP: 18618-970 (LOCALIZADO NA FAMESP)
Telefone: 14 3880-1608 / 14 3880-1609
Número do parecer: _____