

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Implicações da Robótica Educacional ao processo formativo em Matemática

Thaymara Cristina de Souza Romulo
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

THAYMARA CRISTINA DE SOUZA ROMULO

Implicações da Robótica Educacional ao processo formativo em Matemática

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Rejane W. S. de C. Faria

Coorientador: Alexandre Santos Brandao

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R767i
2025 Romulo, Thaymara Cristina de Souza, 1999-
Implicações da robótica educacional ao processo formativo
em Matemática / Thaymara Cristina de Souza Romulo. – Viçosa,
MG, 2025.

1 dissertação eletrônica (136 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Educação, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.673>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Matemática (Ensino fundamental) - Estudo e ensino.
2. Tecnologia educacional. 3. Inteligência artificial. 4. Robótica
na educação. 5. Escolas públicas. I. Faria, Rejane Waiandt
Schuwartz de Carvalho, 1988-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Educação. Programa de
Pós-Graduação em Educação. III. Título.

CDD 22. ed. 510.7

THAYMARA CRISTINA DE SOUZA ROMULO

Implicações da Robótica Educacional ao processo formativo em Matemática

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de março de 2025.

Assentimento:

Thaymara Cristina de Souza Romulo
Autora

Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria
Orientadora

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 03/11/2025 às 08:18:28 e pela orientadora em 03/11/2025 às 08:40:53. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **IA1A.QIKN.7GOT** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação é fruto da contribuição de pessoas que foram essenciais à realização deste trabalho. Primeiramente, sou grata a Deus por me dar o dom da vida, saúde e perseverança para caminhar, aprendendo com as dificuldades e crescendo a partir delas, alcançando assim esta conquista.

Ao meu parceiro, amigo, confidente e noivo, Luis Felipe, que trilhou cada etapa dessa jornada ao meu lado, tornando cada dia inesquecível e não deixando que eu pensasse em desistir. Obrigada pelo seu incentivo e pela paciência nos dias atarefados. Com você cada dia é uma alegria.

À minha família, em especial aos meus pais, Sidnea Souza e Antonio Liberato, ao meu irmão, Daniel Wender e à minha cunhada, Adriana Teles, sou grata por todo apoio e por tornar meus dias mais leves e descontraídos.

À minha orientadora, Rejane Faria, pelo seu trabalho incrível, sua parceria e amizade. Um grande exemplo de mulher, esposa, mãe e pesquisadora. Obrigada por estar sempre de portas abertas, por sua atenção, dedicação, paciência e competência não só na orientação desta pesquisa, mas também nos conselhos que contribuíram para minha vida profissional e pessoal.

Ao meu coorientador, Alexandre Brandão, agradeço por todo aprendizado e pelas ricas oportunidades no âmbito acadêmico. Aos professores que compuseram a banca de avaliação desta dissertação, Profa. Dra. Silvana Santos e Prof. Dr. Greiton Azevedo, gratidão pela leitura atenciosa e por enriquecer este trabalho com contribuições, sugestões e ensinamentos que vão além do aprimoramento da escrita, uma vez que contribuíram para meu progresso enquanto professora e pesquisadora.

Sou grata também aos integrantes dos grupos GATE e NERO que me acolheram e apoiaram durante toda a pesquisa, embarcando juntos em novos aprendizados.

Por fim, muito obrigada a todos que eu não citei, mas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste estudo. Difícil descrever a imensa gratidão que sinto. Foi uma honra encontrá-las na minha trajetória!

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Vinculado ao projeto 408155/2022-1 - Aplicação de Técnicas de Aprendizado por Reforço na Navegação de Veículos Autônomos, coordenado pelo Prof. Dr. Alexandre Santos Brandão).

A todos, meus sinceros agradecimentos!

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

**“TUDO tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito debaixo do céu”.
(Eclesiastes 3:1)**

RESUMO

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2025. **Implicações da Robótica Educacional ao processo formativo em Matemática.** Orientadora: Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria. Coorientador: Alexandre Santos Brandao.

Nesta pesquisa buscamos compreender as implicações da Robótica Educacional, por meio de atividades investigativas, no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. De forma mais específica, nos propomos a discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico. Além disso, buscamos investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Também foi necessário compreender a interação aluno-robô a partir de um método da Inteligência Artificial no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Nesse sentido, discutimos as temáticas "Pensamento Computacional", "Robótica Educacional e Ensino de Matemática" e "Robótica Educacional e Inteligência Artificial". Em uma perspectiva qualitativa de pesquisa, a produção de dados foi realizada com estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental em uma escola pública de Viçosa (MG). Os dados foram produzidos e registrados por meio de vídeos, fotografias, folhas de atividades, caderno de campo e uma roda de conversa. Os dados coletados foram reorganizados de maneira a identificar tendências e padrões relevantes. Além disso, eles foram analisados à luz dos pressupostos teóricos das Investigações Matemáticas. Os resultados sugerem que é possível estabelecer uma relação saudável que promova a integração da Robótica e da Inteligência Artificial (IA) como ferramentas no processo formativo, indo além dos chatbots e planos personalizados. A abordagem investigativa utilizada possibilitou aos alunos desenvolver, dentre outras habilidades, o raciocínio, a argumentação e a experimentação. Ademais, os resultados indicam que práticas envolvendo a Robótica Educacional instigam a curiosidade dos alunos e torna o ambiente de aprendizado dinâmico, o que pode refletir no maior engajamento dos estudantes. No que diz respeito à interação aluno-robô, a IA mostrou-se promissora no contexto educacional, ampliando possibilidades e motivando a construção do conhecimento. Além disso, as discussões podem contribuir para instigar nos alunos um olhar crítico sobre inovações tecnológicas, preparando-os para o cotidiano. Por fim, defendemos que o momento é de não mais adiar o aproveitamento dos

recursos tecnológicos digitais no contexto escolar. Adotar as tecnologias digitais na sala de aula reflete coerência com a era em que vivemos.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais; Inteligência Artificial; Investigações Matemáticas; Anos Finais do Ensino Fundamental; Educação Pública

ABSTRACT

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2025. **Implications of Educational Robotics for the formative process in Mathematics**. Adviser: Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria. Co-adviser: Alexandre Santos Brandao.

This study aims to explore the implications of Educational Robotics, through investigative activities, in the mathematics education process of students in the upper grades of elementary school. More specifically, we seek to examine how the use of Educational Robotics and Artificial Intelligence influences mathematics learning in these grades, drawing on a comprehensive literature review. Additionally, we investigate the role of Educational Robotics in supporting the development of mathematical thinking among upper elementary students. Understanding the student–robot interaction, mediated by an Artificial Intelligence method, was also essential to this analysis. To that end, we address the following themes: Computational Thinking, Educational Robotics and Mathematics Education, and Educational Robotics and Artificial Intelligence. Grounded in a qualitative research approach, data collection was conducted with seventh-grade students at a public school in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Data were gathered and documented through videos, photographs, activity sheets, field notes, and a discussion circle. The collected data were then reorganised to identify meaningful patterns and trends and were analysed through the theoretical lens of Mathematical Investigations. The findings suggest that it is possible to establish a constructive relationship that integrates Robotics and Artificial Intelligence as educational tools extending beyond the use of chatbots and personalised learning plans. The investigative approach allowed students to develop key skills such as reasoning, argumentation, and experimentation. Moreover, the results indicate that activities involving Educational Robotics stimulate students' curiosity and foster a dynamic learning environment, which in turn can enhance student engagement. Regarding student–robot interaction, AI demonstrated promising potential in educational settings by expanding learning opportunities and motivating knowledge construction. These discussions may also help foster a critical perspective on technological innovations among students, better preparing them for the demands of contemporary life. In conclusion, we argue that the integration of digital technological resources in schools can no longer be postponed. Embracing digital technologies in the classroom reflects an educational practice aligned with the realities of the digital age.

Keywords: Digital Technologies; Artificial Intelligence; Mathematical Investigations;
Upper Elementary Education; Public Schooling

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EJA	Educação de Jovens Adultos
GATE	Grupo de Atenção às Tecnologias na Educação
IA	Inteligência Artificial
NERO	Núcleo de Especialização em Robótica
PC	Pensamento Computacional
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PPGE	Programa de Pós-Graduação em Educação
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFV	Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
1.1. Justificativa, Objetivos e Problema da Pesquisa	18
1.2. Metodologia, Procedimentos de Produção e de Análise dos Dados	20
1.3. Detalhamentos Técnicos	27
1.4. Estrutura da dissertação	36
ARTIGO I - ROBÓTICA EDUCACIONAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ENSINO DE MATEMÁTICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	39
1. Introdução	39
2. Robótica Educacional e Inteligência Artificial: conexões possíveis	41
3. Metodologia	43
4. Robótica e IA na aprendizagem Matemática: cenário da produção acadêmico-científico (2019-2023)	47
5. Considerações finais	55
Referências	57
ARTIGO II - ROBÓTICA EDUCACIONAL E O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO FORMATIVO EM MATEMÁTICA	63
1. Robótica Educacional no processo formativo	63
2. Pensamento Computacional	65
3. Investigações Matemáticas	68
4. Metodologia	70
5. Resultados e discussões	75
6. Considerações finais	85
Referências	86
ARTIGO III - UMA EXPERIÊNCIA COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO FORMATIVO DE ALUNOS DOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	90
1. Introdução	90
2. Robótica Educacional e Inteligência Artificial no processo formativo dos alunos	92
3. Interação aluno-robô	95
4. Investigações Matemáticas	96
5. Metodologia	98
6. Resultados e discussões	101
7. Considerações finais	110

Referências	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
Algumas Reflexões a partir da Pergunta Norteadora	117
Apontamentos	118
Estudos Futuros	120
REFERÊNCIAS	122
APÊNDICES	126
Apêndice A - Plano de aula dos encontros	126
Apêndice B - Roteiro responsável por direcionar a conversa	131
Apêndice C - Código de controle do Robô Math	132
Apêndice D - Fluxo de funcionamento do sistema de reconhecimento de emoções no jogo Enigmatemático	135
Apêndice E - Imagem da tela da interface que abarca o sistema da IA.	136

APRESENTAÇÃO

Vivenciamos um tempo em que a automação tem ganhado força e os robôs já estão popularizados em nossa sociedade. Os *chats* desenvolvidos por meio da Inteligência Artificial (IA) trazem praticidade e já não podemos fugir do fato de que estas inovações vieram para ficar. Desde seu surgimento, a IA tem sua trajetória marcada por períodos alternados de progresso e estagnação conhecidos como os “invernos da IA” nos quais as expectativas superaram as capacidades tecnológicas da época. Pesquisadores como Alan Turing e John McCarthy estabeleceram os alicerces conceituais que deram origem à IA moderna e destacam a busca humana por automatizar processos cognitivos e decisórios.

A IA influenciou diferentes áreas como Filosofia, Biologia, Educação e diversas ciências da vida. Todavia, esse progresso suscita desafios éticos e sociais como o viés algorítmico, a automação do trabalho e a dependência da tecnologia. Dessa forma, torna-se imprescindível uma análise crítica da IA que contemple não apenas seus benefícios e inovações, mas também suas limitações e repercussões na sociedade ao longo da história (Boden, 2020; Fadel *et al.*, 2024). Portanto, assumimos neste estudo que “a Inteligência Artificial (IA) procura preparar os computadores para fazer o tipo de coisas que a mente é capaz de fazer” (Boden, 2020, p. 13).

No âmbito da Educação, a IA pode ampliar as possibilidades e fornecer caminhos promissores ao processo formativo. Entretanto, emergem questões éticas pertinentes acerca da desumanização do ensino e da desigualdade no acesso às tecnologias digitais, o que potencializa disparidades educacionais preexistentes. Ademais, a integração da IA nas práticas educacionais acentua a imperativa necessidade de formação continuada, assim como pode enfrentar desafios técnicos que requerem uma reflexão crítica acerca de suas implicações sociais e pedagógicas (Azevedo, 2024; Fadel *et al.*, 2024).

Neste cenário, estamos presenciando o crescimento de estudos voltados para a configuração do âmbito escolar (Azevedo; Maltempi, 2020; Gross *et al.*, 2022; Souza e Silva; Stavny; Kalinke, 2022; Zatti *et al.*, 2022). Muitos destes autores apresentam críticas em relação ao percurso escolar frente às inovações na sociedade.

Embora seja inquestionável a presença das tecnologias digitais em nossa sociedade, é surpreendente notar que, nas últimas décadas, a estrutura da sala de aula permaneceu praticamente inalterada. Poucas mudanças ocorreram, desde a disposição do mobiliário até os recursos disponíveis, passando pelo papel dos professores e dos alunos, e até mesmo o

formato tradicional das aulas, o que nos coloca diante de uma contradição evidente. Enquanto reconhecemos a ampla influência das tecnologias digitais em nossas vidas cotidianas, a sua integração na sala de aula tem sido adiada (Maltempi; Mendes, 2016).

No início desta década, a pandemia de Covid-19 causada pelo SARS-CoV-2 (Corona vírus), assim caracterizada pela Organização Mundial da Saúde em 11 de março de 2020, nos levou a utilizar o ensino remoto e algumas tecnologias digitais como único meio de nos comunicarmos, respeitando o distanciamento social. Nesse tempo, “as tecnologias se tornaram vitais para a Educação, inclusive a Educação Matemática, frente às condições sanitárias do vírus” (Borba; Canedo-Junior; Carvalho, 2022, p. 57). Contudo, esse cenário pandêmico não significou o uso didático dos recursos tecnológicos digitais na educação. De modo geral, o ensino tradicional se manteve e as tecnologias¹ foram utilizadas para transmissão das aulas (Faria *et al.*, 2021). Atualmente, retornadas as aulas presenciais (desde o início de 2022), pouco ou nada mudou no ambiente escolar no que diz respeito à implementação das tecnologias na educação.

Defendemos que o momento é de não mais adiar o aproveitamento dos recursos tecnológicos digitais que se mostram altamente relevantes para o aprimoramento dos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Adotar as tecnologias digitais na sala de aula reflete coerência com a era em que vivemos.

Gonçalves e Faria Filho (2021) esclarecem que há muito tempo a Educação Escolar busca acompanhar as evoluções tecnológicas. Segundo os autores, o percurso de implementação de mídias como a lousa, os computadores e os projetores multimídia não foi simples, indicando que a escola não tem sido contemporânea do seu tempo.

Mediante a demanda de conhecimento que o mundo exige, a Educação Escolar precisa ser atualizada e contextualizada. Nesse sentido, os docentes precisam atuar como professores-pesquisadores que lecionam mediando a aprendizagem e encorajando os alunos a raciocinarem e a construir o conhecimento (Santos; Santos; Javaroni, 2023). Além disso, os alunos devem atuar como protagonistas de sua própria aprendizagem em um ambiente receptivo às inovações.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Educação Básica deve propiciar uma aprendizagem que permita aos estudantes um protagonismo, bem como conhecimento para lidar com os desafios da sociedade contemporânea a fim de formar cidadãos capazes de resolver demandas da vida cotidiana. O documento recomenda, ainda,

¹ Com intuito de evitar a repetição de palavras, destacamos que, nessa dissertação, optamos por usar, por vezes, o termo “tecnologias” para nos referirmos às tecnologias digitais.

que toda prática esteja vinculada ao currículo escolar de maneira que o aluno consiga relacionar o conhecimento construído nas aulas com suas experiências do cotidiano (Brasil, 2018). No contexto da Educação Matemática, D'Ambrosio (2013) acrescenta que a Matemática deve ser vista para além das fórmulas e equações, sendo, portanto, mobilizada e ensinada para promover a paz. Deste modo, é possível combater os recorrentes desafios relativos à aprendizagem de Matemática na Educação Básica que, habitualmente, é tratada como inacessível, complexa ou muito difícil (Silva; Hoed; Saraiva, 2023; Silveira, 2011).

Nesse estudo, entendemos que a aprendizagem é um processo, ou seja, atenta-se ao percurso em movimento e não apenas para o produto final. Assim, “o processo de formação não é matizado apenas de uma só dimensão e nem se constitui de forma aligeirada” (Azevedo, 2022, p. 21). Logo, por compreendermos a amplitude do termo formação, salientamos que, nesta dissertação, abordaremos a Formação Acadêmica de Matemática do discente dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Assumimos esta formação como um processo contínuo e flexível que privilegia a exploração e a criatividade. Essa abordagem contribui para o protagonismo dos alunos e para o aprimoramento de habilidades e competências essenciais para o exercício da cidadania a fim de que o estudante construa ativamente seu conhecimento e desenvolvimento cognitivo. Desse modo, o processo formativo deve acompanhar os desafios contemporâneos, incentivando a emancipação, valorizando o esforço intelectual dos estudantes, rompendo com práticas e tarefas repetitivas e fragmentadas, oportunizando o desenvolvimento pleno de sujeitos atuantes na sociedade (Azevedo, 2022).

Nessa perspectiva, o processo formativo em Matemática deixa de ser visto como um processo minimalista de transferência de conhecimento e passa a ser entendido “como um processo ativo e engajado, que privilegia a investigação para o desenvolvimento do aluno, focando no protagonismo e no desenvolvimento científico-tecnológico de matemática” (Azevedo; Maltempo, 2020, p. 87). À luz do construcionismo de Seymour Papert, compreende-se o processo formativo como uma construção de conhecimentos que possibilita uma das etapas importantes do crescimento mental que vai além de desenvolver novas habilidades, mas consiste em adquirir novas formas de utilizar o conhecimento prévio. Nessa perspectiva, entende-se que quando passamos uma informação para o aluno não ocorre uma mera transferência de saberes e sim uma reconstrução pessoal das ideias por parte dos discentes (Papert, 2008).

D'Ambrosio (2013) acrescenta que, nessa construção do conhecimento, torna-se essencial valorizar e respeitar o que os estudantes já sabem, englobando seus costumes, saberes e fazeres, ou seja, a cultura do aluno tal como do ambiente ao qual está inserido, sua

comunidade ou povo. Assim, a formação Matemática consiste em um espaço no qual há abertura para a curiosidade, a criatividade e a lógica.

Para Freire (2002), ensinar e aprender apenas são possíveis quando há curiosidade epistemológica, isto é, uma curiosidade que propicia refletir criticamente sobre os fatos, conjecturar e conhecer. No entanto, instigar a curiosidade e a criatividade dos estudantes de maneira responsável implica em não incentivar o vislumbamento ou a supervalorização da Robótica e demais inovações (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022). Em vista disso, precisamos pensar meios que aproximem os alunos da atualidade, permitindo vivências e curiosidades que eventualmente encontrarão atrás dos muros das escolas, como o crescente universo da Robótica.

Uma possível definição apropriada de Robótica para esta pesquisa é:

[...] um ramo da tecnologia que engloba mecânica, eletrônica e computação. Ela lida com sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas, controladas manual ou automaticamente por circuitos integrados (microprocessadores), ou mesmo por computadores que tornam sistemas mecânicos motorizados. Além disso, trabalha com o desenho e a construção de dispositivos (robôs ou máquinas) capazes de desenvolver tarefas realizadas por seres humanos, ou que requerem sistemas inteligentes (Campos, 2019, p. 13).

O entrelaçamento do contexto escola com esse ramo da tecnologia é o que chamamos de Robótica Educacional, ou seja, a

[...] utilização de aspectos/abordagens da robótica industrial em um contexto no qual as atividades de construção, automação e controle de dispositivos robóticos propiciam aplicação concreta de conceitos, em um ambiente de ensino e de aprendizagem (D'Abreu, 2012, p. 3).

Gomes, Silva e Botelho (2010) afirmam que a Robótica Educacional, se bem conduzida, pode impulsionar os processos educativos, nutrindo o crescimento dos alunos por meio da experimentação e, ainda, fortalecendo o processo da construção do conhecimento por meio da observação, da análise e da investigação. Portanto, o papel do professor é o de problematizador responsável pela mediação desse conhecimento de tal forma que os alunos consigam explorar, da melhor maneira, o objeto estudado.

Outrossim, a Robótica Educacional configura-se como uma importante aliada dos educadores, pois possibilita a inovação no processo formativo, promovendo a aprendizagem colaborativa e o ensino contextualizado. Nesse sentido, seu uso no ambiente escolar não apenas pode auxiliar na construção do conhecimento, mas também pode estimular a reflexão

sobre as soluções encontradas, instigando uma postura crítica por parte dos estudantes. Ademais, sua implementação em escolas públicas pode contribuir para a equidade educacional, proporcionando oportunidades de aprendizado acessíveis e fomentando o desenvolvimento de indivíduos mais conscientes, críticos e reflexivos (Romulo; Faria; Brandão, 2024).

Do mesmo modo, desempenhando um papel importante quando o assunto é qualidade da educação, temos a Inteligência Artificial (IA), uma área interligada à Robótica Educacional, porém distinta. Assim, elas se aproximam, pois, tanto a IA quanto a Robótica Educacional podem ser consideradas tecnologias educacionais e ambas têm o potencial de mudar os processos de ensino e de aprendizagem. Além disso, tanto a IA quanto a Robótica podem ser usadas para adaptar o conteúdo e os recursos de acordo com os níveis de ensino, os contextos e o perfil dos alunos. Os robôs educacionais, especificamente, podem fornecer interações personalizadas e *feedback* imediato. Destacamos, ainda, que a IA e a Robótica podem aumentar o engajamento dos alunos, pois a IA pode criar ambientes de aprendizagem interativos e envolventes e os robôs podem ser programados para tornar as atividades de aprendizagem lúdicas e divertidas (Pereira *et al.*, 2023; Romulo *et al.*, 2023).

Nesse sentido, a Robótica pode contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem Matemática que devem ocorrer por meio de uma construção e não a partir de um olhar de coisas prontas e definidas. Assim sendo, é fundamental desenvolver o raciocínio lógico, a criatividade e a formulação de estratégias, visando à concatenação de ideias para resolução de problemas emergentes na sociedade (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022; Gadanidis *et al.*, 2022). Nesse contexto, é preciso valorizar toda a trajetória do aluno em relação aos processos de aprendizagem Matemática e de outras áreas do conhecimento, contribuindo para o desenvolvimento de cidadãos autônomos, criativos, atuantes e responsáveis.

De acordo com Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), na sala de aula, as investigações favorecem o pensar matemático, enriquecendo os processos de ensino e de aprendizagem. O aluno se enxerga como um matemático ao desempenhar tarefas que o conduzem a descobertas eventualmente não previstas pelos professores. Assim, além de contribuir para o desenvolvimento dos alunos quanto aos conhecimentos matemáticos, as Investigações Matemáticas os apoiam no crescimento pessoal, pois geram confiança e firmeza para tomar decisões.

Não esperamos que a implementação da Robótica na escola ocorra de maneira instantânea. Sabemos que é necessário persistência para enfrentar desafios decorrentes do

processo como a constante necessidade de atualização e de resolução de problemas técnicos. Situações imprevisíveis podem ocorrer tanto em relação às tecnologias e aos dispositivos robóticos utilizados quanto em relação ao conteúdo matemático. Dessa maneira, tendo em vista lidar com estas situações, temos de encarar o contínuo desafio de rever e ampliar nossos conhecimentos de tal forma que estes não se tornem obsoletos.

Diversas são as potencialidades de utilizar a Robótica Educacional como ferramenta nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática (Gadanidis *et al.*, 2022). No entanto, é necessária cautela para que esta parceria ocorra de maneira saudável na qual o objetivo primordial seja o de construir e apropriar o conhecimento e o desenvolvimento intelectual e cognitivo dos alunos.

1.1. Justificativa, Objetivos e Problema da Pesquisa

Há uma forte presença da Robótica, bem como dos sistemas de IA no nosso cotidiano e, com isso, um aumento das demandas em diversos setores por profissionais que compreendam e lidem criticamente com tais tecnologias digitais. Entendemos que trazer esse cenário para o ambiente escolar torna-se uma importante ação no que se refere à diminuição das desigualdades, no sentido da busca por igualdade de oportunidades, além de incentivar o ensino interdisciplinar, isto é, um ensino que estabelece relações entre duas ou mais disciplinas escolares e que seja contextualizado e dinâmico. Nesse sentido, a escolha do tema justifica-se mediante sua relevância social, acadêmica e pessoal.

Os dados dessa pesquisa foram produzidos na Escola Estadual Raul de Leoni, uma escola pública do município de Viçosa - MG. A escolha por essa escola ocorreu baseada em diversos motivos. Durante minha graduação em Licenciatura em Matemática, fui residente nesta escola pelo Programa de Residência Pedagógica², o que me possibilitou familiaridade com os alunos, a comunidade escolar e a direção. Em 2023, participei como monitora de uma prática relacionada à Robótica Educacional na mesma escola com uma turma de sexto ano do Ensino Fundamental, acompanhando as atividades de trabalho de conclusão de curso com a então licencianda Jéssica Maria Pereira (Pereira, 2023). Ademais, um dos professores de Matemática da escola, Augusto César Castro Ribeiro, é também mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação e orientando da Profa. Dra. Rejane Faria. Esse fato facilitou o

² O Programa de Residência Pedagógica é um programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, que tem por finalidade fomentar projetos institucionais de residência pedagógica implementados por Instituições de Ensino Superior, contribuindo para o aperfeiçoamento da formação inicial de professores da educação básica nos cursos de licenciatura (Gov.br, 2024).

acesso à escola, a organização das ações e a concessão das aulas para realização dos encontros.

Dentre as turmas da escola, a escolha pelo sétimo ano ocorreu devido ao fato de que o currículo deste ano escolar estava em consonância com os conteúdos a serem abordados nesta pesquisa. Além disso, no ano anterior (2023), houve uma intervenção com os alunos do sexto ano na mesma escola. Assim, alguns alunos participantes da produção de dados desta pesquisa já tinham contato prévio com a Robótica Educacional, o que permitiu que estes ajudassem os outros colegas na realização das atividades. Do mesmo modo, entendemos que, ao optar por realizar a produção de dados com esses alunos, seria possível acompanhar o desenvolvimento daqueles que permaneceram na escola e na turma.

Tendo ciência do demasiado exercício do professor frente aos limitados horários das aulas da turma, optamos por realizar apenas dois encontros de 1 hora e 40 minutos cada, ou seja, duas horas aulas de matemática em dois dias diferentes. Dessa maneira, realizamos a pesquisa sem obstruir o planejamento do professor da turma. Decidimos, ainda, desenvolver a pesquisa nos horários habituais das aulas de matemática em razão de conseguirmos um número expressivo de participação dos alunos.

Por meio do uso da Robótica Educacional e de um sistema de reconhecimento de expressões faciais da IA, a pesquisa contribui para a inovação na escola pública e para o desenvolvimento de cidadãos críticos, reflexivos e conscientes, salientando a relevância dos diferentes conteúdos que emergem da temática a fim de instigar o desenvolvimento de habilidades interpessoais e cognitivas como concentração, criatividade, raciocínio lógico, improvisação, comunicação e interação social.

Nos estudos que concernem à Robótica e à IA no âmbito Educacional, é fundamental que sejam trabalhadas atividades intencionais a partir de um planejamento estruturado, composto por ideias sólidas e objetivos bem definidos, possibilitando a investigação não apenas pedagógica e tecnológica, mas também a imersiva e temporal. Nessa perspectiva, vislumbramos na Robótica Educacional um potencial para desenvolver múltiplas práticas interdisciplinares e transdisciplinares, mobilizando o ensino como uma estratégia de pesquisa que atravessa as fronteiras disciplinares e escolares, possibilitando acompanhar as inovações presentes no cotidiano e atendendo às demandas que emergem na sociedade.

Desse modo, esta dissertação, de cunho qualitativo, nasce do interesse em assimilar como a Robótica pode auxiliar os processos de ensino e de aprendizagem, em particular, da Matemática nas escolas públicas. Com isso, consideramos os desafios e limitações que perpassam esse cenário, entendendo que não se resume a um processo trivial. Entretanto,

entendemos que abster-se destas importantes ferramentas que podem potencializar o ensino arriscam o caminho para a educação de qualidade.

Neste sentido, esta pesquisa busca respostas para a seguinte questão: Como ocorre o processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental com a participação da Robótica Educacional? Visando investigar soluções para a problemática supracitada, tivemos como objetivo geral, compreender as implicações da Robótica Educacional por meio de atividades investigativas no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Mais especificamente, objetivamos:

- Discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico;
- Investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental;
- Compreender a interação aluno-robô a partir de um método da Inteligência Artificial no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

1.2. Metodologia, Procedimentos de Produção e de Análise dos Dados

Essa pesquisa fundamenta-se no viés qualitativo no qual buscamos respostas aos questionamentos suscitados de maneira que o processo seja tão importante quanto o resultado final. A pesquisa qualitativa é “[...] focalizada no indivíduo, com toda a sua complexidade, e na sua inserção e interação com o ambiente sociocultural e natural” (D’Ambrosio, 2013, p. 93). Assim sendo, a pesquisa atenta-se em entender e interpretar o comportamento dos sujeitos considerando seus conhecimentos prévios e bagagem cultural.

Bicudo e Espósito (1997) afirmam que, na investigação qualitativa, o pesquisador é guiado a compreender as perspectivas que se desenham ao longo da pesquisa, aprendendo sentidos, encontrando convergências e descrevendo sensações. Corroborando esta ideia, Lüdke e André (2013) recomendam que o pesquisador una seus conhecimentos com as experiências adquiridas durante a pesquisa, dialogando e clarificando ideias em seus registros. Dessa forma, não há um posicionamento neutro, a subjetividade influencia no decorrer do trabalho e é responsável pelo desempenho do pesquisador em relação ao conhecimento específico. Assim:

[...] em uma pesquisa em Educação (Matemática), a metodologia que embasa seu desenvolvimento deve ser coerente com as visões de Educação e de conhecimento sustentadas pelo pesquisador, o que inclui suas concepções de Matemática e de Educação Matemática. Portanto, o que o pesquisador acredita ser a Matemática e a Educação Matemática e seu entendimento de conhecimento e de como ele é produzido (ou transmitido, ou descoberto) são fundamentos que influenciam diretamente os resultados da pesquisa (Borba; Araújo, 2019, p. 10).

Logo, uma separação nítida entre pesquisador, objeto e resultados da pesquisa não se aplicam em uma investigação qualitativa. A observação participante é um importante método na pesquisa qualitativa e compõe os instrumentos deste estudo. De acordo com Lüdke e André (2013), para que a observação seja um instrumento válido na pesquisa, é preciso que haja um bom planejamento e uma preparação rigorosa. As autoras ressaltam que a observação permite um contato pessoal e estreito com o pesquisado, possibilitando que se aproxime das perspectivas dos sujeitos bem como da descoberta de novos aspectos que o auxiliarão na triangulação dos dados com seu referencial teórico.

A análise, por sua vez, acontece mediante a triangulação dos dados obtidos, o referencial teórico e as conclusões do pesquisador. Os dados foram trabalhados e reorganizados de maneira a identificar tendências e padrões relevantes (Lüdke; André, 2013). Por compreendermos que o conhecimento matemático pode ser construído em um espaço investigativo, oriundo da exploração de situações e experiências críticas e criativas, capazes de incentivar a atuação dos alunos na sociedade, o trabalho foi embasado nos quatro momentos das Investigações Matemáticas (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009).

Por se tratar de uma pesquisa cujo objetivo consiste em “compreender as implicações da Robótica Educacional, por meio de atividades investigativas, ao processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental”, a abordagem qualitativa da pesquisa demonstra sua relevância, uma vez que concentra sua atenção na produção dos dados de maneira pessoal e interpretativa.

Em consonância com a abordagem descrita, os dados foram produzidos na Escola Estadual Raul de Leoni situada na zona urbana da cidade de Viçosa, Minas Gerais. Os sujeitos da pesquisa foram alunos de uma turma do sétimo ano do Ensino Fundamental. Dos quatorze alunos matriculados, dez participaram das intervenções, pois os quatro demais faltaram às aulas. Foram realizados dois encontros de duas horas/aula cada no turno da tarde em horários regulares das aulas de Matemática da turma. Os conteúdos matemáticos que foram abordados no decorrer dos encontros estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Conteúdos Matemáticos Abordados nas Atividades de acordo com a BNCC.

UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES
Números	Múltiplos e divisores de um número natural	(EF07MA01) Resolver e elaborar problemas com números naturais, envolvendo as noções de divisor e de múltiplo, podendo incluir máximo divisor comum ou mínimo múltiplo comum, por meio de estratégias diversas, sem a aplicação de algoritmos.
Geometria	Triângulos: construção, condição de existência e soma das medidas dos ângulos internos	(EF07MA24) Construir triângulos, usando régua e compasso, reconhecer a condição de existência do triângulo quanto à medida dos lados e verificar que a soma das medidas dos ângulos internos de um triângulo é 180° .
	Polígonos regulares: quadrado e triângulo equilátero	(EF07MA27) Calcular medidas de ângulos internos de polígonos regulares, sem o uso de fórmulas, e estabelecer relações entre ângulos internos e externos de polígonos, preferencialmente vinculadas à construção de mosaicos e de ladrilhamentos.

Fonte: Adaptado da BNCC (Brasil, 2018, p. 306-309).

Os conteúdos matemáticos descritos no Quadro 1 foram investigados por meio de atividades intencionais de forma simultânea ao longo dos dois encontros. Portanto, não tivemos o intuito de explorar cada conteúdo de modo singular, mas de trabalhar em uma perspectiva integradora.

A realização desta pesquisa contou com o apoio de integrantes dos grupos de pesquisa que integro: o Grupo de Atenção às Tecnologias na Educação (GATE³) e o Núcleo de Especialização em Robótica (NERO⁴). Esses grupos, em conjunto, realizam estudos relacionados à Robótica Educacional. Nesse processo, alguns membros possuem funções específicas ligadas a este trabalho. O integrante do NERO, João Vitor Martins Grando, foi o responsável pelo Robô Esteira e desenvolveu o aplicativo *Tagbot* para controlá-lo. Também integrantes desse mesmo grupo, Lucas Pereira Boscatti elaborou o sistema da IA e Guilherme Serra Francisco Pinel realizou a programação necessária para vincular o sistema da IA ao robô *Pioneer 3DX*. Todos esses trabalhos tiveram a supervisão do Prof. Dr. Alexandre Brandão. Já os membros do GATE, Augusto Cesar, Mayara Bonifácio de Oliveira e Ruana Mikele Santos Oliveira auxiliaram na discussão das atividades sob a coordenação da Profa. Dra. Rejane Faria.

³ Página do GATE no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil na plataforma Lattes: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/9583657509714030>. Acesso em: 14 maio 2024.

⁴ Página do NERO no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil na plataforma Lattes: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/0868223885855886>. Acesso em: 14 maio 2024.

Nos encontros contamos com o apoio de alguns integrantes os quais tinham papéis bem definidos: o integrante do NERO, Guilherme Pinel, contribuiu com o suporte técnico dos robôs e os integrantes do grupo GATE, Augusto César, a orientadora Rejane Faria e Ruana Oliveira, concederam apoio técnico e pedagógico realizando uma observação participante, auxiliando os estudantes e fazendo os registros dos dados por meio de fotos e de gravações em áudio e vídeo.

No primeiro encontro, realizamos um momento de ambientação dos alunos com o Robô Esteira (Figura 1), buscando compreender, a partir de uma conversa, os conhecimentos prévios em relação ao Robô e à Robótica. Consideramos que os “conhecimentos prévios dos alunos são explicações que são reformulações da experiência. Tais explicações podem ser aceitas no contexto científico ou não” (Moreira, 2007, p. 9). Dessa maneira, estamos interessados em todas as experiências e conhecimentos no que diz respeito à Robótica e aos Robôs, desde os conceitos básicos de programação até o seu funcionamento e mecanismos.

Figura 1- Robô Esteira.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na sequência, apresentamos o aplicativo *Tagbot* que é usado para programar o Robô Esteira. Aproveitamos para discutir noções iniciais de programação de forma que os alunos pudessem posteriormente realizar a atividade. O *Tagbot* pode se conectar ao Robô Esteira via *bluetooth* e *wifi* de modo a facilitar o controle, a tornar o trabalho intuitivo e a proporcionar o fácil acesso. Além disso, o aplicativo conta com diferentes funções que foram implementadas separadamente e particionadas em módulos criados previamente: o digital, o *joystick*, o giroscópio e o geometria (Figura 2).

Figura 2 - Interface do aplicativo *TagBot*.

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o primeiro encontro utilizamos o módulo “geometria” de modo que os alunos programassem o Robô para formar uma figura plana, em conjunto com uma atividade de Investigação Matemática, e exploramos o conceito de algoritmo. Desse modo, os estudantes conheceram o funcionamento do Robô e investigaram o ângulo interno necessário para construção de determinado polígono regular. Os estudantes foram desafiados a construir um algoritmo com todos os passos necessários para que o Robô formasse uma figura plana, a saber: o quadrado e o triângulo equilátero a partir de seus ângulos de 10° , 12° , 15° e 90° . Mais detalhes sobre essa atividade podem ser observados no plano disponível no Apêndice A. Após essa experiência, a atividade foi estendida para outros polígonos (regulares ou não). Além disso, o uso do aplicativo proporciona reflexões adicionais sobre movimentação e variações geométricas.

Visando investigar aspectos relacionados à interação aluno-robô, no segundo encontro, aplicamos um método da Inteligência Artificial que reconhece expressões faciais. Para isso, utilizamos um jogo em que o Robô teve um papel fundamental, o Enigmatemático, também descrito no Apêndice A. O jogo conta com o Robô que nomeamos de *Math* (Figura 3) que foi elaborado no âmbito do NERO com a finalidade de reconhecer expressões faciais por meio da Inteligência Artificial.

Figura 3 - Robô *Math* - robô *Pioneer 3-DX* integrado a um *notebook*.



Fonte: Elaborada pela autora.

A programação do Robô consiste em uma integração de um sistema da Inteligência Artificial que emite direita ou esquerda à orientação de um robô terrestre, utilizando um *notebook* e o Robô *Pioneer* (Robô *Math*) apresentados na figura 3. No Apêndice C temos a programação construída para o controle do Robô. A seguir, a Figura 4 exibe a classificação realizada pelo sistema. No Apêndice D podemos visualizar a interface⁵ que abarca todas as informações a respeito desse sistema.

Figura 4 - Sistema da IA em funcionamento.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para fins de registro e com o intuito de auxiliar a análise, os dados produzidos foram registrados por meio de vídeos, fotografias, folhas de atividades e caderno de campo.

⁵ Essa interface pode ser acessada através do link: <https://github.com/lucasboscatti/EmotionDetection>.

Ademais, realizamos uma roda de conversa na última aula do segundo encontro guiada pelo roteiro apresentado no Apêndice B. Todas as atividades foram realizadas em grupo e esta conversa contribuiu para obter um *feedback* dos estudantes e para compreender suas perspectivas no que se refere ao uso da Robótica Educacional, complementando, assim, os dados da pesquisa. Além disso, a atividade realizada proporciona aos alunos o desempenho do papel de atores da própria aprendizagem e não apenas de espectadores, sobretudo ao argumentar, especular e investigar toda a atividade desenvolvida, objetivando uma formação matemática criativa e investigativa. Essa postura é privilegiada pela natureza da atividade que, ao introduzir ferramentas tecnológicas e a IA, incentiva os alunos a criarem e a experimentarem em vez de apenas consumirem tecnologias existentes.

Esclarecemos que precedente à produção de dados, essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa⁶. Como todos os estudantes eram menores de 18 anos, o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) foi entregue, lido e aceito por todos participantes. Do mesmo modo, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi entregue e devidamente assinado por seus responsáveis. Assim, foi autorizada a divulgação científica dos dados produzidos junto aos estudantes.

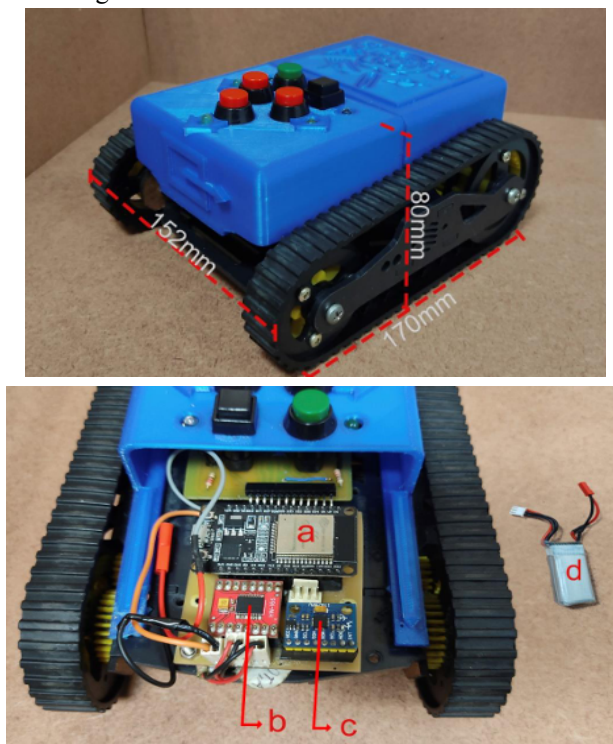
1.3. Detalhamentos Técnicos

O Robô Esteira empregado nesta pesquisa foi construído pelo Núcleo de Especialização em Robótica (NERO) utilizando materiais pertencentes ao próprio laboratório e também por especialistas integrantes do referido grupo. O robô foi pensado e projetado com intuito de atender estudantes de diferentes níveis escolares assim como os estudos em Robótica Educacional. Suas dimensões são de 170 x 152 x 80 mm, seu chassi de plástico foi desenvolvido pela empresa RoboCore⁷, o que facilita a integração de seus componentes. Já seu sistema eletrônico, alimentado por bateria LiPo de 7,4V, conta com uma placa contendo ESP32 para gerenciamento dos sensores e comunicação *Bluetooth*. Ademais, possui Ponte-H, acelerômetro e regulador de tensão para adequada operação dos sensores e motores (Pinel, 2023). A Figura 5 ilustra esses componentes.

⁶ Pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CAAE: 75881223.5.0000.5153).

⁷ Disponível em: <https://www.robocore.net/> Acesso em: 14 dez. 2024

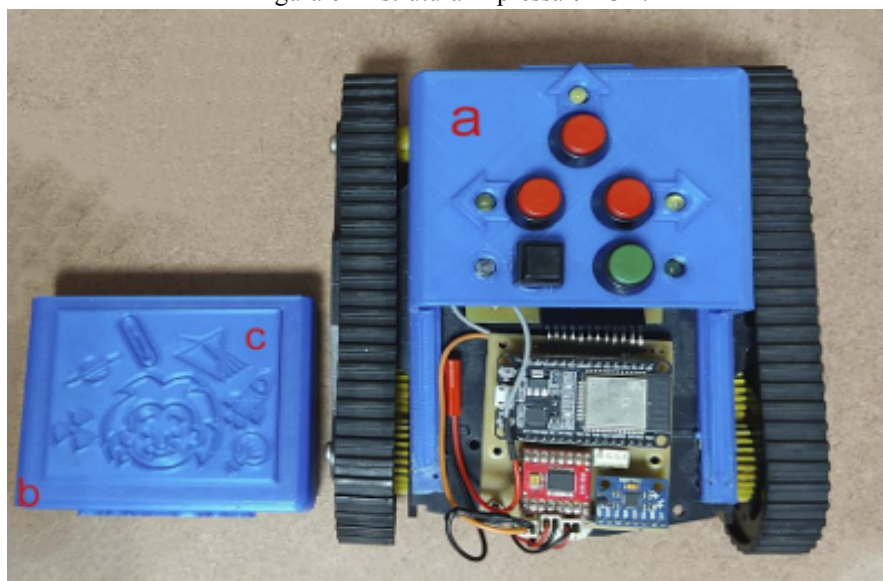
Figura 5 - Detalhes técnicos do Robô Esteira.



a) ESP32; b) Ponte-H; c) Módulo Giroscópio e acelerômetro; d) Bateria LiPo 7.4V
Fonte: Pinel (2023).

Com o intuito de proteger o sistema e prevenir acidentes, desenvolveu-se uma estrutura em impressão 3D utilizando PLA e as impressoras *Creativity Ender 3* do laboratório NERO. A estrutura é composta por uma parte fixa ao chassi e outra removível para facilitar a manutenção da bateria, como representado na Figura 6 (Pinel, 2023).

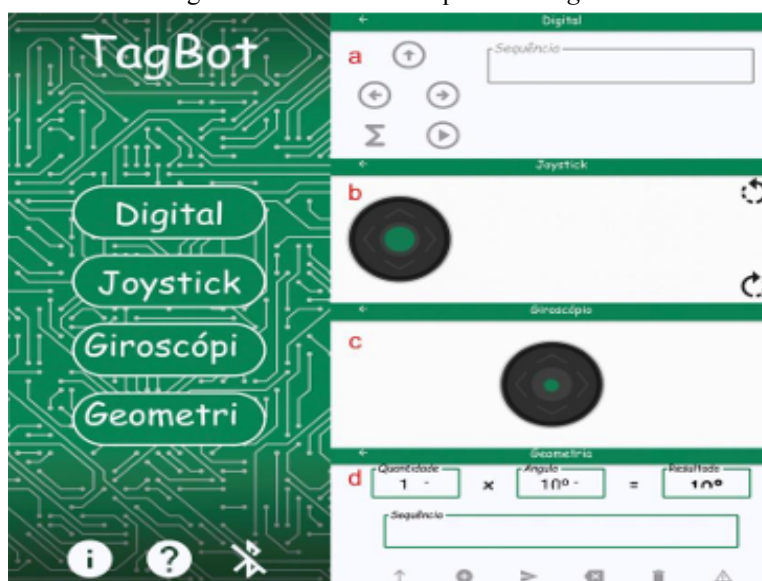
Figura 6 - Estrutura impressa em 3D.



- a) parte fixa ao chassi; b) parte removível para manutenção; c) Todas construídas e impressas no laboratório NERO.
 Fonte: Pinel (2023).

O controle do Robô Esteira é realizado por meio do aplicativo *Tagbot* desenvolvido como projeto de Iniciação Científica por um dos integrantes do NERO. O aplicativo opera via *Bluetooth* e oferece quatro modos de comando — digital, *joystick*, giroscópio e geometria — ampliando a interação entre usuário e tecnologia.

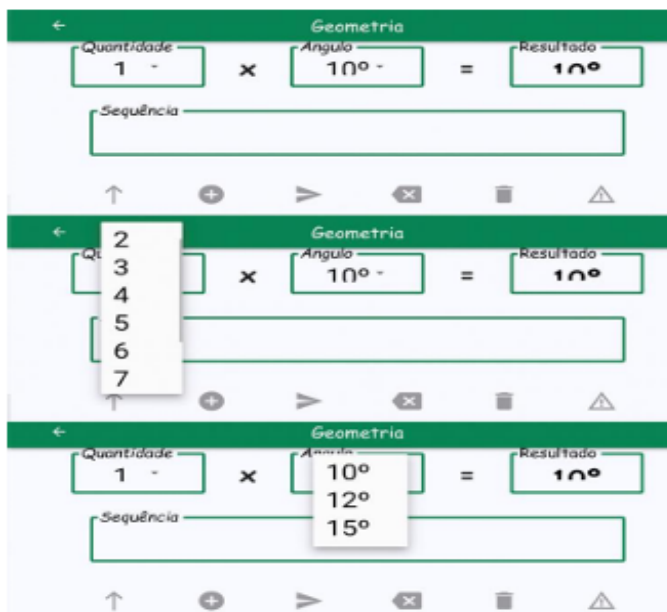
Figura 7 - Comandos do aplicativo *Tagbot*.



a) Digital; b) Joystick; c) Giroscópio; d) Geometria.
 Fonte: Pinel (2023).

Neste trabalho, atemos ao modo de comando geometria que permite ao usuário controlar o robô por meio do envio de ângulos, possibilitando a construção de figuras geométricas, explorando entre 0° e 150°. Dessa forma, no espaço “Quantidade”, pode-se escolher um número de 0 a 10 que será multiplicado pelo ângulo escolhido no espaço “Ângulo” que possui a opção de 10°, 12°, 15° e 90°. Assim, no espaço “Resultado” será exibido o ângulo obtido a partir da referida multiplicação. Na Figura 8, podemos visualizar o que foi descrito.

Figura 8 - Modo de Comando Geometria.

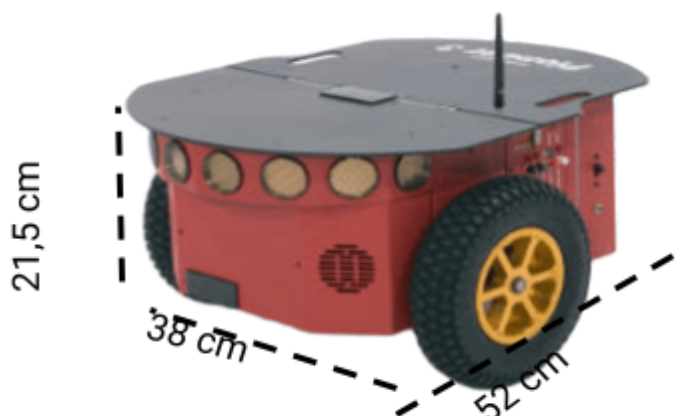


Fonte: Pinel (2023).

Logo, no espaço “Sequência” será emitido a sequência descrita pelo usuário, proporcionando a construção de diferentes figuras geométricas pelo Robô. A sequência é construída a partir dos seguintes comandos: \uparrow , em que o robô anda um espaço pré-programado para frente; \oplus , rotaciona o ângulo descrito em resultado; \triangleright , executa a sequência; \otimes , corrige algum passo; \blacksquare , limpa toda sequência construída até o momento; \triangleup , interrompe a sequência a qualquer momento. Portanto, esses comandos são atribuídos ao espaço “Sequência” assim que selecioná-los.

Agora, versaremos a respeito do Robô *Math* que consiste em um Robô *Pioneer 3-DX* integrado a um *notebook* comum. O *notebook* foi utilizado para captura de vídeo com profundidade em tempo real e para acessar o sistema da IA. A conexão com o Robô é via porta Micro-B USB 2.0. O Robô *Pioneer 3-DX* é um robô diferencial amplamente empregado em pesquisas e destaca-se por seus sensores integrados assim como sua capacidade de comunicação variada, sendo reconhecido como uma plataforma confiável e bem documentada para testes práticos e acadêmicos. Ele possui 3 rodas (2 motrizes + 1 roda livre), velocidade máxima de 1,6 m/s, sensores ultrassônicos, *encoders* e opcionalmente lidar/câmeras. Além disso, sua comunicação é realizada via cabo serial, USB ou rede (com suporte ao *MobileSim*) e suas dimensões são 52 X 38 X 21,5 cm, conforme ilustra a figura 9.

Figura 9 - Dimensões do robô *Pioneer*.



Fonte: Elaborada pela autora.

Como Robô diferencial, seu modelo baseia-se em uma equação que usa velocidade linear e velocidade angular. A movimentação e a rotação são controladas ajustando-se à velocidade das rodas. Ademais, o Robô fornece dados de posição estimada (odometria). Para integrar o sistema da IA ao Robô *Pioneer* foi desenvolvido um código para operação em tempo real ou simulação com *MobileSim*. O código visa executar comandos de movimentação a partir de entradas externas simuladas oriundas da classificação de expressões faciais realizada pelo sistema da IA que envia a posição da expressão facial positiva (D para direita, E para esquerda). Desenvolvido em *MATLAB*, o *script* utiliza uma biblioteca de controle específica para estabelecer comunicação com o robô ou simulador, para definir posições de destino e para calcular os sinais de controle. O código emprega, ainda, estratégias de controle não linear, como a função tangente hiperbólica (\tanh), para suavizar os comandos aplicados às rodas e respeitar as limitações físicas do robô. A execução inicia-se com a limpeza do ambiente e encerramento de conexões ativas, seguida pela definição do diretório raiz do projeto e inclusão dos subdiretórios ao caminho do *MATLAB*.

```
clear; close all; clc;
try fclose(instrfindall); catch; end
```

Na sequência, o objeto do Robô é criado com ($P = Pioneer3DX$) e conectado com (*PrConnect*), estabelecendo a comunicação com o simulador ou Robô real. A posição inicial é definida como $[0 \ 0 \ 0 \ 0]$, representando coordenadas (x, y, z) e orientação (ψ) nulas. Esta pose é aplicada ao Robô com *PrSetPose(Xo)*. O *loop* principal executa por um tempo determinado ($T_{max} = 20$) e verifica comandos de entrada a cada intervalo de tempo. O comportamento do Robô é decidido conforme o comando lido. A seguir, apresentamos o pseudocódigo geral deste *loop*.

Pseudocódigo Geral

Enquanto tempo decorrido < Tmax:

Se tempo desde última interação > Tinc:

Ler comando ('D'ou outro)

Definir posição de destino Xd

Calcular erro Xtil = Xd- X

Se erro for grande:

Calcular controle translacional

Senão:

Calcular controle rotacional

Enviar sinais de controle ao robô

Já o controle se baseia em dois modos: deslocamento até a posição desejada e ajuste da orientação. O cálculo do vetor de controle Ud utiliza transformações coordenadas baseadas na orientação atual do robô, conforme exposto a seguir:

$$Ud = \text{inv}(\text{rotacao}) * [k * \tanh(0.5 * X_{\text{til}}(1)); k * \tanh(0.5 * X_{\text{til}}(2))];$$

Quando a posição é atingida com precisão suficiente, a orientação é corrigida com:

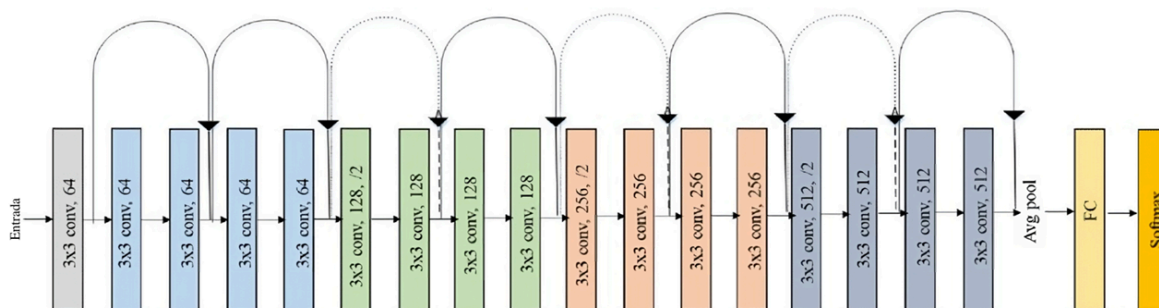
$$Ud = [0; 1.5 * \tanh(0.8 * X_{\text{til}}(6))];$$

Ao final do tempo de execução, os sinais de controle são zerados e a conexão é encerrada com (*PrDisconnect*). O código analisado configura-se como um exemplo robusto de controle reativo aplicado a robôs móveis, adotando uma arquitetura simplificada de tomada de decisão baseada em comandos externos. A incorporação de funções hiperbólicas contribui para a suavidade dos movimentos, tornando o controle mais eficiente e compatível com as restrições físicas do sistema robótico. Dessa forma, torna-se possível vincular o sistema da IA ao Robô *Pioneer*, criando o Robô *Math*. O código completo está no Apêndice C.

O sistema da IA foi desenvolvido por um dos integrantes do NERO com intuito de reconhecer expressões faciais. Para isso, utilizou-se Redes Neurais Convolucionais (CNN), especificamente, a arquitetura ResNet18⁸, uma variante leve das CNN, reconhecida por sua eficiência na classificação de imagens e por possibilitar treinamento profundo mesmo em ambientes computacionais restritos (Boscatti *et al.*, 2024). A estrutura dessa arquitetura é apresentada na figura 10.

Figura 10 - Arquitetura da *Resnet18*.

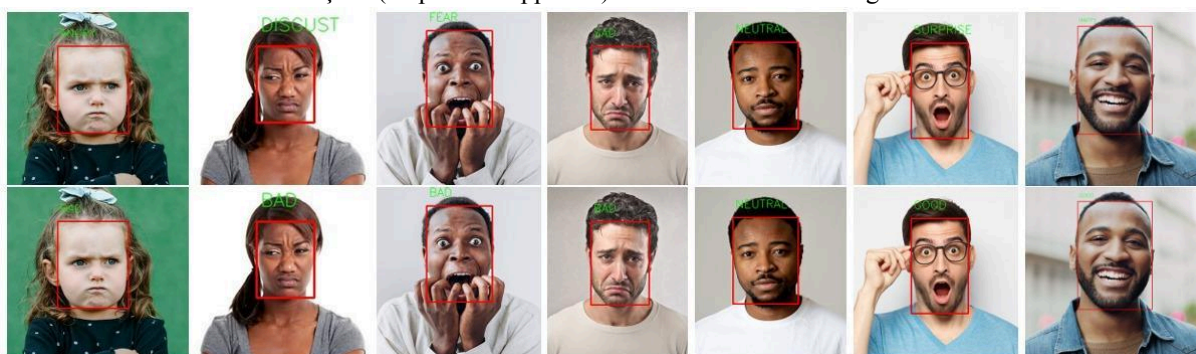
⁸ Ramzan, F., Khan, M.U.G., Rehmat, A. et al. A Deep Learning Approach for Automated Diagnosis and Multi-Class Classification of Alzheimer's Disease Stages Using Resting-State fMRI and Residual Neural Networks. *J Med Syst* 44, 37 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1475-2>



Fonte: Boscatti *et al.* (2024, p.4).

O banco de dados utilizado foi o FER2013⁹ composto por 35.887 imagens padronizadas de rostos em escala de cinza e resolução de 48×48 pixels, classificadas em sete expressões faciais. De modo a corrigir o desbalanceamento entre as categorias existentes nesse banco de dados, as emoções foram agrupadas em três classes — *good* (*happiness* e *surprise*), *neutral* e *bad* (*anger*, *fear*, *sadness* e *disgust*) — assegurando maior equilíbrio na análise (Boscatti *et al.*, 2024) (Figura 11).

Figura 11 - Demonstração da validação da subclassificação, em que as quatro primeiras emoções (*angry*, *disgust*, *fear* e *sadness*) são classificadas como *bad*; a emoção *neutral* permanece como *neutral*; e as duas últimas emoções (*surprise* e *happiness*) são classificadas como *good*.



Fonte: Boscatti *et al.* (2024, p.6).

Na Figura 12, temos a ilustração de uma classificação após essa alteração feita pelo sistema já finalizado nesta pesquisa.

Figura 12 - Classificação realizada pelo sistema da IA.

⁹ Goodfellow, I.J. *et al.* (2013). Challenges in Representation Learning: A Report on Three Machine Learning Contests. In: Lee, M., Hirose, A., Hou, ZG., Kil, R.M. (eds) Neural Information Processing. ICONIP 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 8228. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-42051-1_16



(a) Emoções *Good* e *Neutral*. (b) Emoções *Good* e *Bad*.
Fonte: Elaborada pela autora.

Essa categorização das emoções seguiu o modelo bi-dimensional de *valence-arousal* e, para balanceamento das classes, aplicou-se a técnica de subamostragem aleatória como também a função *Random UnderSampler* da biblioteca *scikit-learn*. O conjunto final contou com 18.594 imagens equilibradas entre três classes, garantindo que cada classe tivesse o mesmo número de amostras, igualando todas ao número da classe menos representada, evitando, assim, o viés em relação à classe majoritária e garantindo a eficácia do modelo. Como a base era específica para classificação de emoções, não foi necessário realizar pré-processamento facial e a divisão dos dados seguiu a proporção de 80% para treinamento, 10% para validação e 10% para teste com os hiperparâmetros definidos empiricamente. O treinamento foi conduzido por 300 épocas com duração aproximada de 2 horas e 37 minutos.

Observe que o modelo apresentou desempenho estável, alcançando 82,2% de acurácia na validação e demonstrando boa capacidade de generalização com redução consistente do erro até a estabilização. Desse modo, o sistema da IA, a partir das imagens ou vídeos capturados, localiza as expressões faciais e realiza a identificação por meio de classificações

como 0, 1 ou 2 que correspondem respectivamente a *bad*, *good* ou *neutral* (Boscatti *et al.*, 2024).

Na sequência, usamos os pesos do melhor ponto de validação e o modelo foi testado em um conjunto com 607 amostras por classe, alcançando acurácia de 79,02% e demonstrando boa generalização. A classe *Good* obteve os melhores índices de desempenho, com precisão de 87,95% e F1-score de 86,62%, enquanto as classes *Bad* e *Neutral* apresentaram maiores taxas de confusão, especialmente entre si, evidenciando certa sobreposição de características emocionais (Boscatti *et al.*, 2024). Tais dados podem ser conferidos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Matriz de confusão.

Actual Values	Predicted Values		
	BAD	GOOD	NEUTRAL
BAD	73.6% (447/607)	5.8% (35/607)	20.6% (125/607)
GOOD	7.1% (43/607)	85.3% (518/607)	7.6% (46/607)
NEUTRAL	16.0% (97/607)	5.9% (36/607)	78.1% (474/607)

Fonte: Boscatti *et al.* (2024).

Na tabela acima, os valores da linha da Matriz de confusão correspondem à classe verdadeira e cada coluna à classe prevista pelo modelo.

Tabela 2 - Percentuais obtidos do conjunto de dados teste.

	Precisão	Revocação	Pontuação-F1
BAD	76,15	73,64	74,87
GOOD	87,95	85,34	86,62
NEUTRAL	73,49	78,09	75,72
Acurácia		79,02	

Fonte: Boscatti *et al.* (2024).

Para analisar a Tabela 2 acima, é necessário ter em mente que “Precisão” significa a proporção de emoções corretamente identificadas entre todas as emoções que o modelo identificou; a “Revocação” avalia a capacidade do modelo de categorizar todas as emoções em uma classe e, enfim, a “Pontuação-F1” é uma média harmônica de precisão e revocação que fornece uma avaliação geral do desempenho do modelo.

Em geral, os resultados indicam que o modelo proposto apresenta desempenho consistente e eficaz na classificação de expressões faciais, com elevada capacidade de

generalização e métricas superiores a 70%, evidenciando seu potencial para aplicações em análise emocional. Portanto, tendo conhecimento da eficiência demonstrada pelo sistema durante os testes, ao empregar o sistema da IA neste estudo intencionamos, além de contribuir com a interação aluno-robô, atestar a sua eficiência na prática.

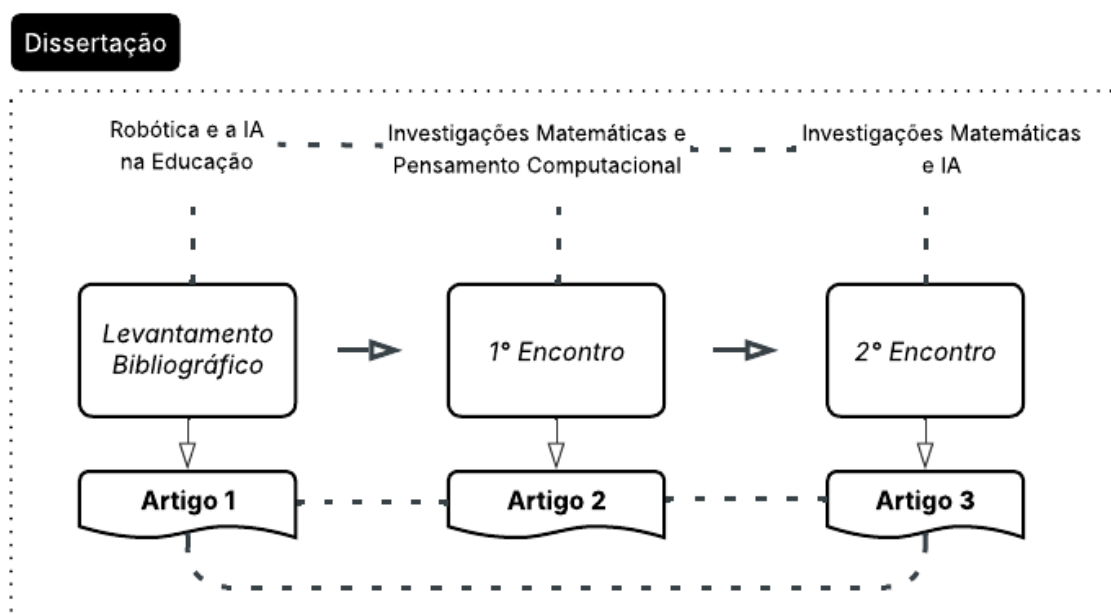
1.4. Estrutura da dissertação

Essa dissertação inicia-se com uma apresentação, contendo a justificativa, os objetivos, o problema da pesquisa, a metodologia, os procedimentos de produção e de análise dos dados, os detalhes técnicos e, por fim, a estrutura da dissertação.

A seguir, são apresentados os três artigos que constituem este estudo, cada um com seu próprio objetivo, introdução, metodologia, análise dos dados, resultados, considerações e referências. Dessa maneira, estruturamos essa dissertação para viabilizar uma leitura fluida em que o leitor consiga ler da forma que desejar devido à singularidade dos objetivos de cada um deles. O formato *Multipaper*¹⁰ aqui utilizado possibilita que os artigos sejam lidos de forma independente e não linear, ao mesmo tempo em que se complementam entre si. Contudo, uma leitura na íntegra proporciona uma visão abrangente da temática e do estudo realizado. Cabe esclarecer que tal formato não afeta a divulgação científica ou a criticidade do leitor, dado que todo o trabalho foi desenvolvido atentando-se ao rigor científico. O Fluxograma 1 ilustra a estrutura da dissertação. Esclarecemos que o tracejado e as setas representam relações e direções de fluxo entre as partes da dissertação e os artigos derivados, de modo que as linhas tracejadas indicam relações indiretas, mas não de maneira linear ou sequencial, já as setas representam o sentido da sequência do desenvolvimento dos artigos.

Fluxograma 1 - Estrutura da Dissertação.

¹⁰ Teses e dissertações no formato *multipaper* não seguem o formato tradicional. São compostas por artigos em que a principal característica é a individualidade de cada artigo, ou seja, eles possuem vida própria, o que permite a sua submissão e aprovação em um periódico acadêmico de forma independente ou com base nos resultados parciais obtidos no artigo anterior (Frank, 2013).



Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro artigo intitulado “Robótica Educacional, Inteligência Artificial e Ensino de Matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental” objetiva discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico. Para tanto, usamos as produções disponibilizadas no Banco de Dados de Dissertações e Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os estudos selecionados foram discutidos embasados nas seguintes temáticas: “A Robótica Educacional como objeto de aprendizagem visando o engajamento dos alunos no processo formativo em Matemática” e “O uso da Robótica e da Inteligência Artificial para compreensão de diferentes conceitos matemáticos”.

O segundo artigo denominado “Robótica Educacional e o Engajamento dos Alunos no processo formativo em Matemática” tem por finalidade investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Para isso, debatemos o papel da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática assim como a relação desse tema com as Investigações Matemáticas, tornando a construção do conhecimento dinâmica, enriquecedora e prazerosa.

O terceiro e último artigo, “Uma experiência com a Inteligência Artificial no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental” busca compreender a interação aluno-robô a partir de um método da Inteligência Artificial no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Para alcançarmos tal propósito, apresentamos

alguns entrelaçamentos entre Inteligência Artificial, Robótica e o cenário Educacional a fim de ponderar a respeito das diversas possibilidades que tais tecnologias oferecem ao processo formativo. Aprofundamos acerca da interação aluno-robô mediante os resultados da prática realizada, indicando o quanto as metodologias que visam a participação ativa dos alunos podem contribuir para a aprendizagem sólida.

Finalizando a dissertação, tecemos as considerações finais, retornando aos objetivos e à pergunta de pesquisa, realizando reflexões acerca dos resultados e apresentamos sugestões para trabalhos futuros. Ademais, disponibilizamos as demais referências, utilizadas na apresentação e nas considerações finais da dissertação. Por fim, são apresentados os apêndices.

ARTIGO I - ROBÓTICA EDUCACIONAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ENSINO DE MATEMÁTICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Resumo: Este artigo visa discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico. Para tanto, utilizamos uma abordagem qualitativa, realizando um mapeamento no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) de 2019 a 2023. Os resultados revelaram a importância de incorporar as tecnologias digitais no âmbito escolar, em especial a Robótica e a Inteligência Artificial (IA), uma vez que retratam diversas práticas exitosas e fornecem ferramentas inovadoras que transcendem as abordagens tradicionais de ensino. Além disso, os dados apontaram ser crucial a preparação de educadores para incorporar efetivamente essas tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas, assim como ser necessária uma reflexão diante dos desafios que se apresentam. Portanto, refletir acerca do futuro da Educação consiste em pensar na capacidade de harmonizar as inovações com as práticas de ensino, primando pela empatia e pelo estímulo à curiosidade. A partir de uma abordagem proativa e colaborativa entre educadores, tecnólogos e gestores educacionais, é possível contribuir para uma Educação em que o aluno tenha um papel ativo e seja preparado para os desafios que este século demanda.

Palavras-chave: Levantamento Bibliográfico. Processo formativo em Matemática. Tecnologias Digitais. Educação Matemática. Educação Básica.

1. Introdução

Professores e pesquisadores têm se mobilizado em busca de formas de ensino de Matemática significativas e que façam sentido para os alunos (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022; Faria; Maltempi, 2020; Pereira *et al.*, 2023; Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009). Nos inserimos neste grupo, pois buscamos possibilidades que considerem o cotidiano, as vivências, a cultura e os conhecimentos prévios dos estudantes. Dedicamos nossas pesquisas a um ensino transdisciplinar que ultrapasse as paredes das escolas e respeite a história e o contexto dos alunos (D'Ambrosio, 2013).

De outro modo, um ensino baseado em uma rotina de demasiados exercícios que visam apenas a memorização, oriunda de aulas estritamente expositivas que não estimulam o envolvimento dos alunos e possuem método único de avaliação, tornando as aulas exaustivas e desinteressantes (Faria; Maltempi, 2020). De acordo com Charlot (2000), o aprender está diretamente ligado ao fazer sentido. É preciso, portanto, que o objeto de estudo faça sentido para o estudante. No processo de aprendizagem, a relevância pessoal do que se está estudando

torna-se crucial, pois os alunos se engajam quando veem a conexão do conteúdo com suas vidas, interesses e objetivos futuros (D'Ambrosio, 2013). Assim, faz-se necessário que a instituição escolar compreenda o universo em que crianças, adolescentes e jovens estão inseridos e que esteja disposta a se atualizar constantemente, afinal, as tecnologias digitais que permeiam e delineiam nossa sociedade estão em constante atualização (Santos; Santos; Javaroni, 2023).

Na busca de desviar do ensino tradicional, há docentes que mudam posturas pontuais como alterar o arranjo das carteiras de fileiras para um círculo ou trocar a lousa pelo projetor de multimídia. Atitudes como essa não surtem efeito se o professor mantém a mesma postura em sala de aula, pensando ser o centro das atenções e o detentor do conhecimento (D'Ambrosio, 2013). Para haver mudança efetiva, é essencial “saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (Freire, 2002, p. 21). D'Ambrosio (2013) discute o papel do professor para que haja construção do conhecimento. Em especial, no ensino de Matemática, é preciso trabalhar com o propósito de estimular os alunos a desenvolverem um pensamento crítico, bem como estar sempre em busca do novo como pesquisador. Para isso, é preciso ressignificar os processos de ensino e de aprendizagem a partir da implementação de problemas presentes no cotidiano. Um dos problemas, atualmente, consiste na falta de acesso de parte da população brasileira às tecnologias digitais. A disparidade no acesso tecnológico perpetua desigualdades socioeconômicas, uma vez que compromete a participação igualitária no mercado de trabalho, como acentua Siqueira, Moreira e Vieira (2023).

As desigualdades quanto ao acesso tecnológico também refletem no ambiente escolar. Nesse sentido, toda a comunidade escolar precisa mobilizar-se na direção de viabilizar um ambiente que propicie um ensino que permita aos estudantes acompanharem os assuntos sociais atuais. De acordo com Sibila (2012), a escola deve buscar superar o desafio de construir pontes entre professores e alunos, frente às diversas possibilidades no mundo tecnológico que atraem crianças, adolescentes e jovens. Logo, é necessário entender que é sobre construir juntos, criando diálogos e espaços de aprendizagens que contemplem as subjetividades dos alunos. Por isso, professores e pesquisadores precisam atualizar-se constantemente, permitindo-lhes aprender coisas novas, o que inclui meios de tornar as tecnologias digitais acessíveis nas aulas (Santos; Santos; Javaroni, 2023).

Desde os primeiros computadores, as tecnologias digitais estão em constante evolução, apresentando *softwares* cada vez mais atualizados e mecanismos que buscam facilitar a vida e o trabalho cotidiano. Em particular, podemos destacar a Robótica, presente

nas pesquisas em diversas áreas. Na Educação não é diferente. A Robótica abre espaço para diversas discussões bem como possibilita abordá-la em vários níveis de dificuldade, tornando-a inclusiva e acessível (Romulo; Faria; Brandão, 2024; Silva; Blikstein, 2020).

Campos (2019) ressalta que incorporar a Robótica Educacional ao currículo escolar tem se mostrado relevante, uma vez que há uma crescente utilização dos sistemas robóticos nas empresas, na área da saúde, evidenciando que são mudanças que vieram para ficar (Romulo *et al.*, 2023). Tendo em vista as razões supracitadas, entendemos que muitos alunos poderão ter contato com os avanços do meio digital no ambiente escolar se inserirmos a Robótica nas atividades dentro e fora da sala de aula. Além disso, se pensarmos nos alunos como futuros profissionais, será ainda mais relevante integrar a Robótica ao ensino.

Na busca por estratégias inovadoras que contribuam para a compreensão de conteúdos matemáticos e promovam um ambiente de aprendizagem alinhado às demandas da sociedade contemporânea, objetivamos discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico.

2. Robótica Educacional e Inteligência Artificial: conexões possíveis

A Inteligência Artificial e a Robótica são duas áreas interconectadas que têm transformado significativamente a forma como interagimos com o mundo ao nosso redor. “A Inteligência Artificial (IA) procura preparar os computadores para fazer o tipo de coisas que a mente é capaz de fazer” (Boden, 2020, p. 13). A Robótica, por outro lado,

é o ramo da tecnologia que engloba mecânica, eletrônica e computação, que atualmente trata de sistemas composto por máquinas e partes mecânicas automáticas e controlados por circuitos integrados (microprocessadores), tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos ou mesmo computadores (Campos, 2019, p. 13).

O entrelaçamento entre a Inteligência Artificial e a Robótica se manifesta no cotidiano mediante os robôs autônomos enquanto sistemas inteligentes que incorporam algoritmos avançados de aprendizado de máquina. Eles apresentam aplicações inovadoras como assistentes virtuais inteligentes, carros autônomos, robôs de assistência médica e sistemas de automação industrial avançados (Luckin *et al.*, 2016).

No âmbito Educacional, a parceria entre a IA e a Robótica viabiliza instrumentos para potencializar a construção do conhecimento. Conforme evidenciam Luckin *et al.* (2016), ambas podem agregar benefícios no cenário da Educação, uma vez que oferecem personalização do aprendizado, suporte ao professor, sistemas de aprendizado adaptativo, dentre outros. No entanto, os autores alertam que existem vários desafios a serem enfrentados no que se refere ao uso da IA na Educação como: a falta de dados, visto que a IA depende de grandes quantidades de dados para funcionar corretamente; a falta de habilidade dos educadores; preocupações com privacidade e segurança; bem como a necessidade de superação das desigualdades. Dessa forma, é fundamental que o uso da IA, em conjunto com a Robótica Educacional, seja cuidadosamente avaliado e monitorado, garantindo que estes recursos sejam usados de maneira responsável, proporcionando diferentes práticas capazes de enriquecer a experiência Educacional.

Nesse sentido, essas práticas podem auxiliar na aprendizagem de diversas disciplinas no contexto escolar, até mesmo as consideradas desafiadoras, como a Matemática, tornando os conceitos acessíveis (Romulo; Faria; Brandão, 2024). Os desafios relativos à aprendizagem de Matemática na Educação Básica são uma das principais reclamações dos alunos, uma vez que muitas crianças e adolescentes acreditam se tratar de uma disciplina incompreensível, culminando nos resultados insatisfatórios presentes nas nossas escolas (Silva; Hoed; Saraiva, 2023; Silveira, 2011). Além disso, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2022 denota que o Brasil obteve resultado abaixo da média no que se refere à proficiência em Matemática, já que 73% dos estudantes brasileiros registraram baixo desempenho, culminando na 62ª e 69ª posição do ranking¹¹. Semelhante às médias atingidas em 2018, esses resultados inquietantes permanecem estáveis desde as estatísticas de 2009 (Brasil, 2023; OCDE, 2023).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), torna-se essencial que o aluno compreenda as tecnologias digitais para ser capaz de utilizá-las ou até mesmo de criá-las. O aluno deve conseguir atuar para além de acessar e disseminar informações de modo a conseguir produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo no seu cotidiano. Outrossim, faz-se fundamental exercitar a curiosidade de modo a investigar causas, elaborar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções, fundamentando-se no conhecimento de diferentes áreas (Brasil, 2018). Portanto, processos de ensino e de aprendizagem significativos da Matemática carecem que as práticas envolvendo a Robótica

¹¹ O país pode assumir posições nesse intervalo (no caso compreendido entre as posições 62ª e 69ª) em função da margem de erro do estudo (Brasil, 2023; OCDE, 2023).

Educacional, juntamente com a Inteligência Artificial, estejam atreladas a uma abordagem exploratória (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009). Seu uso deve ser direcionado de modo a potencializar o ensino no qual a figura do professor é fundamental e insubstituível, mas não centralizada.

Como alternativa para repensarmos os processos de ensino e de aprendizagem Matemática, realizamos um levantamento bibliográfico que visa discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental, seguindo a metodologia que apresentamos a seguir.

3. Metodologia

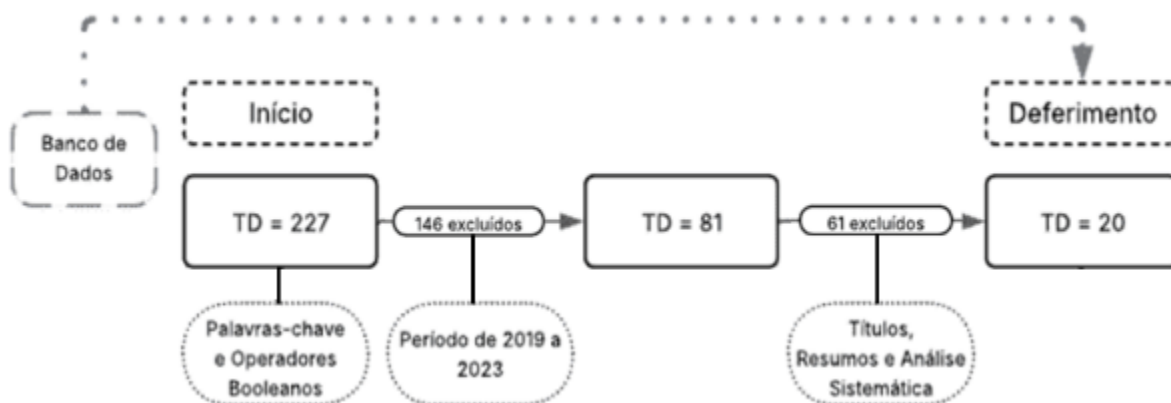
Este estudo é de natureza qualitativa, visto que analisa pesquisas encontradas com uma temática comum sob um olhar específico. Nesse sentido, as perspectivas e subjetividades dos autores são relevantes na análise dos dados encontrados (Bogdan; Biklen, 1994). Como destacam Lüdke e André (2013), estamos interessados em ir além de demonstrar resultados, pois se trata de compreender o fenômeno em uma perspectiva holística.

Dentre as possibilidades no âmbito da pesquisa qualitativa, este artigo é do tipo levantamento bibliográfico, considerado um processo essencial para orientar, fundamentar e enriquecer o processo de investigação, garantindo que os resultados sejam contextualizados, significativos e contribuam para o avanço do conhecimento na área de estudo (Garcia, 2016).

À luz do nosso objetivo que visa discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental, fizemos um mapeamento no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por possuir um quadro amplo de produções científico acadêmico no cenário brasileiro. Optamos por teses e dissertações devido à elucidação da pesquisa como um todo, apresentando minuciosamente importantes detalhes. O levantamento foi realizado tomando como recorte temporal o período entre 2019 e 2023, visando compreender o cenário atual no que se refere à Robótica Educacional e o uso da IA na Educação. Tendo em vista a delimitação do nosso problema de pesquisa, buscando localizar estudos que, direta ou indiretamente, correspondem a ele, aplicamos para a busca as seguintes sentenças e operadores booleanos (AND, OR): “Ensino de Matemática OR Matemática AND Inteligência Artificial OR Robótica”; “Robótica Educacional AND Matemática AND Ensino Fundamental”. Como resultado, encontramos

227 trabalhos. Delimitando o período de 2019 a 2023, reduziu-se essa amostra para 81 nos quais 18 são teses, 33 dissertações de mestrado acadêmico e 30 de mestrado profissional. Atentando-nos ao foco do trabalho, a partir de uma leitura crítica dos títulos e resumos, selecionamos 20 desses estudos que se alinham à proposta deste artigo, conforme representa o fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Deferimento dos trabalhos potenciais identificados na pesquisa, em que TD representa Teses e Dissertações (Dados da Pesquisa).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os 61 trabalhos excluídos, 25% discutem a formação inicial ou continuada dos docentes, 20% concentram-se em alunos do Ensino Médio, 17% em alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental e 5% em estudantes do Ensino Superior. Além disso, 18% das pesquisas encontradas foram excluídas do *corpus* da análise por abordarem as tecnologias digitais de modo geral e não centradas em Robótica e/ou Inteligência Artificial. Por fim, 15% dos estudos focavam em outras áreas de conhecimentos tais como: redação, química, genética, computação e diferentes engenharias.

Assim, justificamos a exclusão das referidas pesquisas, visto que este artigo integra uma dissertação de mestrado cujo público-alvo são alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental, com Robótica Educacional e Inteligência Artificial, além de conteúdos predominantes na disciplina escolar de Matemática. Primamos, portanto, pela coerência e sintonia das especificidades desta pesquisa de modo que os 20 trabalhos deferidos podem ser visualizados no quadro 1:

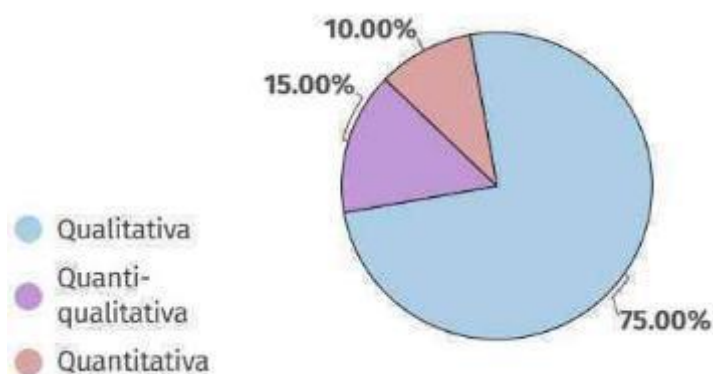
Quadro 1 - Trabalhos deferidos na revisão.

Autor (Ano)	Título	Níveis	Instituição
Aragão (2019)	Robótica educativa na construção do pensamento matemático	Dissertação	Universidade Regional de Blumenau
Brito (2019)	A pesquisa brasileira em robótica pedagógica: um mapeamento sistemático com foco na educação básica	Dissertação	Universidade Federal de Pernambuco
Jorge (2019)	Uma experiência da robótica educacional: a solução do desafio <i>rescue line</i> para os alunos do ensino fundamental	Dissertação	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Soares (2019)	Unidade de ensino potencialmente significativa para aulas de cinemática no EJA: o uso da robótica e outras estratégias interativas	Dissertação	Universidade Federal do Pampa
Filete (2020)	Robótica com Arduino como recurso pedagógico para o ensino de geometria e trigonometria	Dissertação	Universidade Estadual do Norte Fluminense
Gavazzi (2020)	Robótica pedagógica como ferramenta para aplicação da metodologia <i>steam</i> (<i>science, technology, engineering, arts and mathematics</i>) no ensino fundamental	Dissertação	Universidade de São Paulo
Oliveira (2020)	Robótica pedagógica para o ensino de ciências em Santo Antonio do Tauá-Pará	Dissertação	Universidade Federal do Pará
Pereira (2020)	O <i>software scratch</i> como fomento para práticas <i>steam</i> a partir da aprendizagem criativa com alunos de uma escola pública de Alvorada, RS	Dissertação	Universidade Luterana do Brasil
Provin (2020)	Interfaces da robótica educativa na ensinagem de alguns elementos de geometria plana no ensino fundamental	Dissertação	Universidade de Passo Fundo
Tozadore (2020)	<i>Robotic-cognitive adaptive system for teaching and learning (r-castle)</i>	Tese	Universidade de São Paulo
Zignago (2020)	Robótica educacional nas aulas de matemática: trabalhos colaborativos com alunos do 8º ano do ensino fundamental	Dissertação	Universidade Federal de Juiz de Fora
Carvalho (2021)	Robótica no ensino e aprendizagem de física e matemática no ensino fundamental II	Dissertação	Universidade Federal de Uberlândia
Passos (2021)	Incentivo a popularização da robótica educacional como recurso de ensino por meio da utilização de um sistema de geração automatizada de planos de ensino	Dissertação	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Silva (2021)	Robótica educacional livre no 9º ano do ensino básico: uma trilha de implementação de robótica com Arduino para o ensino de física e matemática	Dissertação	Universidade Federal de Goiás
Amorim (2022)	Robótica educacional aplicada ao ensino básico: uma análise das abordagens teóricas e metodológicas e dos resultados de aprendizagens presentes nas pesquisas brasileiras de 2015 a 2020	Dissertação	Universidade Estadual da Bahia
Marinho (2022)	<i>Up robotics: Robótica Educacional Utilizando Linguagem Visual Baseada em Blocos</i>	Dissertação	Universidade Federal do Amazonas
Mattos (2022)	Em busca de compreensões sobre inteligência artificial e programação intuitiva na educação matemática	Tese	Universidade Federal do Paraná
Seghetto (2022)	Simetria da reflexão, translação e rotação: uma abordagem através da robótica educacional	Dissertação	Universidade Federal da Fronteira Sul
Sodré (2022)	O potencial da robótica educacional na matemática para estudantes do ensino fundamental	Dissertação	Universidade do Estado de Santa Catarina
Oliveira (2023)	Robótica educacional: sequência didática para introdução ao desenvolvimento do pensamento computacional utilizando o BBC micro: bit no 9º ano do ensino fundamental	Dissertação	Universidade Luterana do Brasil

Fonte: Elaborado pela autora.

Frente aos trabalhos apresentados acima, é notória a predominância da abordagem qualitativa da pesquisa, sendo adotada por quinze trabalhos da presente amostra. Dos demais, apenas dois estudos são do tipo quantitativo (Tozadore, 2020; Passos, 2021) e três quanti-qualitativos (Gavazzi, 2020; Oliveira, 2020; Marinho, 2022), conforme ilustra o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Relação das abordagens metodológicas de pesquisa encontradas nos dados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Lüdke e André (2013) ressaltam a importância da pesquisa qualitativa no âmbito da Educação por considerar a individualidade da pesquisa, do contexto, do cenário, da relação entre o pesquisador e a pesquisa, dentre outras características que se colocam relevantes no desenvolvimento de um estudo. Percebemos, ainda, um maior número de dissertações em relação às teses nos estudos selecionados.

Quanto aos locais de produção dessas pesquisas, podemos observar que, na região Sul, oito trabalhos foram desenvolvidos: dois na Universidade Luterana do Brasil, um na Universidade Federal do Pampa, um na Universidade de Passo Fundo, um na Universidade Regional de Blumenau, um na Universidade Federal da Fronteira Sul, um na Universidade do Estado de Santa Catarina e outro na Universidade Federal do Paraná. Já na região Sudeste, tivemos seis estudos: dois da Universidade de São Paulo, um da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, um da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, um da Universidade Federal de Juiz de Fora e um da Universidade Federal de Uberlândia. Na região Nordeste, selecionamos três pesquisas: uma da Universidade Federal de Pernambuco, uma da Universidade Estadual da Bahia e outra da Universidade Federal Rural do Semiárido. Na região Norte, nos deparamos com duas produções: uma da Universidade Federal do Pará e a outra da Universidade Federal do Amazonas. Por fim, na região do Centro-Oeste,

encontramos apenas um trabalho da Universidade Federal de Goiás. Portanto, na amostra que compõe este artigo, o maior quantitativo de produções se concentra na região Sul do Brasil.

A seguir, apresentaremos os resultados do mapeamento e da análise realizada. Durante a investigação, encontramos dois temas emergentes que respaldam nossa discussão: “A Robótica Educacional como objeto de aprendizagem visando o engajamento dos alunos no processo formativo em Matemática” e “O uso da Robótica e/ou da Inteligência Artificial para compreensão de diferentes conceitos matemáticos”.

Esclarecemos que não temos a intenção de fornecer uma análise detalhada de cada estudo, mas discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Assim, destacamos diversos aspectos que julgamos relevantes para o âmbito da Robótica Educacional nas pesquisas encontradas.

4. Robótica e IA na aprendizagem Matemática: cenário da produção acadêmico-científico (2019-2023)

Em nossa busca, encontramos duas revisões acerca da Robótica Educacional na Educação Básica que ampliam este estudo. O mapeamento sistemático de pesquisas no período de 2001 a 2017, realizado por Brito (2019), e a revisão sistemática de literatura dos anos 2015 a 2020, produzida por Amorim (2022), apresentam a essencialidade bem como a prevalência da teoria do construcionismo de Seymour Papert. De acordo com Campos (2019), no construcionismo, o conhecimento acontece essencialmente quando o aluno consegue construir suas ideias assim como representá-las no mundo. O autor defende, sob essa perspectiva, que devemos aprender fazendo. Ambas as pesquisas também revelam que predomina a abordagem qualitativa nos trabalhos, reforçando a importância de compreender o fenômeno como um todo. No quadro 2, apresentamos as teorias presentes nos estudos deste levantamento.

Quadro 2 - Principais teorias presentes nas pesquisas.

Autor (Ano)	Teoria
Aragão (2019), Soares (2019) e Carvalho (2021)	Aprendizagem Significativa de Ausubel
Jorge (2019), Gavazzi (2020), Oliveira (2020), Pereira (2020), Provin (2020), Zignago (2020), Silva (2021), Seguetto (2022) e Oliveira (2023)	Construcionismo de Seymour Papert
Filete (2020) e Marinho (2022)	Construtivista de Piaget
Oliveira (2020), Passos (2021), Mattos (2022) e Tozadore (2020)	Metodologias ativas
Sodré (2022)	Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA)

Fonte: Elaborado pela autora.

Em particular, outras teorias fundamentam as pesquisas como: Conectivismo de George Siemens e Stephen Downes (Oliveira, 2020); Aprendizagem Colaborativa (Zignago, 2020), Aprendizagem Criativa (Silva, 2021); Inteligências Múltiplas de Gardner e Teoria das Relações Pessoais de Vygotsky (Pereira, 2020). Todavia, podemos observar que, neste levantamento, há predominância da teoria do Construcionismo de Seymour Papert.

Dialogando com o primeiro tema emergente, “A Robótica Educacional como objeto de aprendizagem visando o engajamento dos alunos no processo formativo em Matemática”, as revisões citadas anteriormente apresentam contribuições da Robótica Educacional não apenas na vida acadêmica como também na social. As práticas de Robótica podem estimular habilidades como trabalhar em equipe, exercer a criatividade, aguçar a atenção, explorar o pensamento crítico, raciocinar de forma lógica, saber se comunicar, conseguir explicar as ideias para os colegas, dentre outras incitadas no processo de aprendizagem. Tais habilidades podem auxiliar nas relações pessoais e contribuir para o desenvolvimento de cidadãos críticos e conscientes (Amorim, 2022; Filete, 2020; Gavazzi, 2020; Jorge, 2019; Oliveira, 2020; Oliveira, 2023; Pereira, 2020; Silva, 2021; Sodré, 2022).

Já o tema “O uso da Robótica e/ou da Inteligência Artificial para compreensão de diferentes conceitos matemáticos” consiste em introduzir ou explorar conceitos matemáticos por meio da Robótica. Alguns modelos de aprendizagem são envolvidos nesse processo como o colaborativo, o significativo, o ativo por meio de investigações e de atividades lúdicas que possibilitam momentos que tornam os processos de ensino e de aprendizagem dinâmicos e

leves (Aragão, 2019; Carvalho, 2021; Marinho, 2022; Mattos, 2022; Passos, 2021; Provin, 2020; Seghetto, 2022; Tozadore, 2020; Zignago, 2020).

Um exemplo de pesquisa que buscou explorar conceitos de Matemática e Ciências por meio da Robótica foi a de Oliveira (2023). Corroborando Gadanidis *et al.* (2022), o trabalho constatou que o uso de dispositivos robóticos, alinhado a uma Sequência Didática, permite explorar diversos conceitos dessas disciplinas, estimulando a criatividade, a abstração, o reconhecimento de padrões, a resolução de problemas e habilidades como noções de programação, decomposição, dentre outras. Acrescentando a tais contribuições, Azevedo, Maltempi e Powell (2022) apontam a possibilidade de desenvolver habilidades socioemocionais com base na Matemática crítica, tornando o sujeito autônomo, protagonista e crítico frente às questões da sociedade, tendo sua emancipação intelectual e científica encorajada durante o processo de formação.

No campo da Inteligência Artificial (IA), Mattos (2022), Pereira (2020) e Tozadore (2020) exibem as possibilidades da IA na Educação. Tozadore (2020, p. 13) afirma que

[...] a IA pode potencializar a experiência de aprendizado por meio de dispositivos interativos que, a princípio, aumentam o interesse e a motivação dos alunos por serem uma novidade e que tentam continuar produzindo esses efeitos a longo prazo por meio de técnicas de adaptação e customização.

A IA fomenta a Educação Matemática a partir das programações intuitivas uma vez que desenvolvem várias habilidades nos estudantes (Mattos, 2022). Mattos (2022) também acredita que as tecnologias da inteligência e a programação intuitiva podem se relacionar com a metáfora do hipertexto. De acordo com Lévy (2010), a metáfora do hipertexto consiste na associação usada para dar sentido a um texto, ligá-lo ou conectá-lo a outros textos. Sendo assim, por meio das associações e rede de nós¹² que podem ser estabelecidos nas imagens, bem como modelos mentais, é possível estabelecer relações pela qual a mensagem será entendida. Como exemplo, ela cita a relação entre o usuário, que interpretará um *software* a partir dos seus conhecimentos e experiências, e o desenvolvedor responsável por fornecer a mensagem a ser interpretada. Ademais, Pereira (2020) expõe os benefícios do uso do *software Scratch* no que diz respeito à dificuldade em aprender ciências complexas como a Matemática. Todavia, identificamos uma lacuna em relação aos estudos envolvendo a IA em conjunto com a Robótica Educacional. Somente Tozadore (2020) aborda a relação entre a IA e a Robótica Educacional, visando naturalizar a interação aluno-robô por meio do *R-CASTLE*,

¹² A expressão “nós”, comumente utilizada no campo da Inteligência Artificial, em particular nas redes neurais, se refere a um conjunto de nó, ou seja, conexões estabelecidas entre modelos.

um Sistema Cognitivo Adaptativo para Robótica Social Educacional que auxilia os professores nos seus planejamentos, na execução e na avaliação de atividades educacionais.

Tozadore (2020) e Pereira (2020) concordam com Luckin *et al.* (2016) no que concerne ao papel do docente frente ao uso da Inteligência Artificial em suas práticas pedagógicas. Papel esse caracterizado como fundamental, o de facilitador da aprendizagem, o de responsável por analisar, avaliar e ponderar quanto às práticas, métodos ou modelos utilizados.

A inserção da Robótica Educacional ao currículo pode proporcionar um ensino dinâmico, uma vez que pode viabilizar uma gama de produções em sala de aula. Ao utilizar o robô como objeto de aprendizagem, os alunos podem se mostrar atentos, concentrados, motivados e interessados em aprender. Além disso, o ensino contextualizado mediante situações-problema pode contribuir para o desenvolvimento do trabalho em equipe e trocas de conhecimento (Jorge, 2019; Romulo; Faria; Brandão, 2024). Cabe ressaltar que as escolas necessitam ir além das paredes físicas do espaço em busca de conhecimentos atualizados e pertinentes (Gadanidis *et al.*, 2022; Sibila, 2012).

No contexto da Educação Matemática, Aragão (2019), Marinho (2022), Oliveira (2023) e Sodré (2022) atestam ser possível usar a Robótica para explorar conhecimentos e para introduzir um novo assunto em aula, elucidando até os conceitos mais complexos. De acordo com Sodré (2022), incentivar a constru o do pensamento matemático a partir da decomposi o, quantifica o, abstra o, figuras planas, c culos básicos, dentre outras tarefas que emergem ao trabalhar com a Robótica revela ser um recurso que pode potencializar o processo formativo em Matemática. Tal processo influencia tanto o desempenho acadêmico quanto o desenvolvimento das rela es interpessoais. Desse modo, “na era contemporânea em que estamos vivenciando, as escolas não podem ficar inertes a esse novo panorama que a Robótica Educativa vem apresentando na sociedade” (Aragão, 2019, p. 119).

Semelhantemente, as pesquisas de Zignago (2020), Seghetto (2022), Provin (2020) e Filete (2020) abordam conteúdos escolares relacionados ao estudo da geometria plana por meio da Robótica. Nos referidos trabalhos, os resultados satisfatórios nos ajudam a afirmar que a Robótica Educacional pode se tornar uma valiosa aliada do professor de Matemática, promovendo a cria o de projetos e de situa es de aprendizagem em que os participantes colaborem diretamente a fim de formar estudantes ativos, questionadores e inovadores (Serres, 2013). Entretanto, vale salientar que “a Robótica na Educa o não pode ser ensinada de forma isolada e fragmentada por áreas de conhecimento ou disciplinas” (Filete, 2020, p. 111) visto que, para constru o e solidifica o do conhecimento, torna-se fundamental

introduzir conceitos básicos de eletrônica. Além disso, é necessário revisar e abordar todos os conteúdos necessários para o bom andamento das práticas a fim de sanar possíveis dúvidas e proporcionar aos estudantes uma participação ativa no processo de aprendizagem.

No contexto do ensino, o sistema *Science* se mostrou promissor por ser um sistema de geração de plano de aulas que articula a Matemática à Robótica. Dessa maneira, os discentes podem ter contato com a Robótica Educacional vinculado aos conceitos Matemáticos, mesmo que o professor não tenha conhecimento de Robótica (Passos, 2021). Tendo em vista esse novo desafio de trabalhar com a Robótica, uma ferramenta que forneça planos de aulas para os professores pode tornar-se um recurso interessante. No entanto, vale salientar que cada ambiente Educacional tem sua individualidade no que se refere aos recursos e ao contexto em que a escola está inserida. Sendo assim, é preciso adequação e cautela ao utilizar planos de aula elaborados por terceiros.

Articulando com outras disciplinas, Gavazzi (2020), Oliveira (2023) e Pereira (2020) exibem estudos com a área da *STEAM*¹³ nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Na mesma direção, visando à multidisciplinaridade, Oliveira (2020) utiliza a Robótica Educacional como ferramenta auxiliadora para introduzir conceitos na disciplina de ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Por meio do uso de *Kits* de Arduino, o pesquisador trabalhou diferentes conceitos de Física, Química, Biologia, Matemática e Artes. De forma mais específica, trabalhando interdisciplinarmente com a Matemática, Carvalho (2021), Silva (2021) e Soares (2019) relacionam a Robótica Educacional com o ensino de física nos Anos Finais do Ensino Fundamental, sendo os dois primeiros com turmas de 9º ano e o último com alunos da modalidade EJA (Educação de Jovens Adultos). Para melhor analisarmos as pesquisas, no quadro 3 apresentamos detalhadamente a área e o conteúdo matemático desenvolvido bem como a realização das práticas durante as aulas ou no contraturno.

¹³ *STEAM* é a abreviação do termo em inglês “*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*” para referir às práticas que trabalham com a conexão entre essas áreas.

Quadro 3 - Principais conteúdos de Matemática abordados nos estudos.

Autor (Ano)	Área	Conteúdos Matemáticos	Realização
Aragão (2019) e Soares (2019)	Matemática e Ciências	Regras de três; Números: reais, irracionais, inteiros; Grandezas e medidas.	Horário Regular
Carvalho (2021) e Silva (2021)	Matemática e Ciências	Grandezas e medidas; Números: reais; irracionais e inteiros.	Contraturno
Jorge (2019), Passos (2021), Mattos (2022), Sodré (2022) e Tozadore (2020)	Matemática	Números: reais, irracionais e inteiros; Operações básicas.	Contraturno
Filete (2020) e Seguetto (2022)	Matemática	Ângulos; Simetrias da reflexão, rotação e translação.	Horário Regular
Provin (2020), Zignago (2020) e Marinho (2022)	Matemática	Geometria plana: ângulos, triângulos e Quadriláteros; Grandezas e medidas.	Contraturno
Gavazzi (2020), Oliveira (2020), Pereira (2020) e Oliveira (2023)	<i>STEAM</i>	Números: Reais; Irracionais; Potenciação; Notação científica; Porcentagem; Dízima periódica.	Contraturno

Fonte: elaborado pela autora.

Há, ainda, estudos que exploram a proporcionalidade (Aragão, 2019; Zignago, 2020), funções afins (Aragão, 2019; Carvalho, 2021), circunferência (Aragão, 2019; Filete, 2020) e a trigonometria (Filete, 2020). Em geral, as práticas foram conduzidas pelo professor da turma, com duas exceções: uma foi realizada por um Técnico com formação direcionada para Robótica (Marinho, 2022) e a outra não há dados na pesquisa acerca da relação do pesquisador com a escola (Gavazzi, 2020). Em sua maioria, são professores de Matemática em que alguns também lecionam as aulas de Robótica, ressalva os professores de Ciências (Soares, 2019; Pereira, 2020) e o de Robótica (Jorge, 2019). Torna-se importante evidenciar que todos os professores se mostraram preocupados com a formação contínua, buscando especializar-se ou uma segunda formação em áreas que se aproximavam das tecnologias digitais, em particular da Robótica Educacional. Portanto, os dados sugerem que os profissionais responsáveis pelas práticas desenvolvidas na pesquisa possuíam conhecimento sobre Robótica.

Essas pesquisas apontam para a relevância da Robótica em diferentes campos da Educação. Entretanto, não podemos enxergá-la como mero complemento para as aulas, uma vez que apresentamos aqui seu potencial para propiciar um ambiente de ensino dinâmico, inclusivo, prazeroso e que pode suscitar o desenvolvimento de diferentes habilidades dos estudantes. Em particular,

a utilização da Robótica Pedagógica Livre, fomentando a utilização da Matemática, poderá ser uma grande aliada no Ensino Básico, pois ela nos dá a “Significação do Conhecimento”, o “porquê” e aplicação daquele conhecimento. E ao mesmo tempo abre um leque de possibilidades de estudos futuros, tanto para os participantes, que descobrem novas áreas do conhecimento, como engenharias, elétrica/eletrônica, programação, automação, ciências e artes, tanto para o professor/pesquisador, que consegue utilizar/fazer novos métodos de aprendizagem, onde se pode aprender com os participantes, em uma troca mútua de conhecimentos (Silva, 2021, p. 142-143).

Todavia, convém enfatizar que em diversas atividades práticas, dentre as pesquisas apresentadas (Aragão, 2019; Gavazzi, 2020; Jorge, 2019; Seghetto, 2022; Soares, 2019; Zignago, 2020), é predominante o uso dos *kits* de Robótica Educacional Lego e Arduino conhecidos pela excelência, com peças precisas e de alta tecnologia. Contudo, devido aos valores que são comercializados, entendemos que se distanciam do orçamento da maioria das escolas públicas. Deste modo, consideramos necessário empenhar-se em estudos que contemplem ferramentas de baixo custo financeiro e até mesmo sustentáveis. “A Robótica educativa, com o uso de um robô de baixo custo, pode ser uma ferramenta de auxílio ao ensino capaz de colocar ‘a escola à altura do seu tempo’” (Carvalho, 2021, p. 105, grifo do autor). A fim de verificarmos o que foi descrito acima, no quadro 4 são apresentados detalhes quanto aos materiais, às plataformas e às metodologias utilizadas nos estudos desta revisão.

Quadro 4 - Detalhes dos estudos sobre a Robótica Educacional.

Autor (Ano)	Material	Plataforma	Metodologia
Aragão (2019), Jorge (2019), Gavazzi (2020), Zignago (2020) e Passos (2021)	<i>Kits Lego Mindstorms</i>	<i>Mindstorms</i>	Resoluções de problemas
Soares (2019) e Seghetto (2022)	<i>Kits Lego Mindstorms</i>	<i>Mindstorms</i>	Sequência Didática
Filete (2020), Provin (2020), Carvalho (2021), Silva (2021) e Sodré (2022)	<i>Kit Educacional Arduino</i>	IDE do Arduino	Sequência Didática
Oliveira (2020) e Marinho (2022)	<i>Kit Educacional Arduino</i>	IDE do Arduino	Resoluções de problemas
Pereira (2020)	<i>Notebooks</i>	<i>Scratch</i>	Criação de jogos
Oliveira (2023)	<i>Micro: Bit</i>	<i>App Micro:bit</i>	Sequência Didática

Fonte: Elaborado pela autora.

Em sua revisão, Brito (2019) aponta que 41,67% da amostra utilizaram *kits* da marca Lego, corroborando tais dados. Amorim (2022) acentua que, em seu levantamento, a

predominância nas metodologias são as oficinas, as sequências de atividades didáticas, os roteiros pedagógicos e as experimentações. Cabe salientar que Aragão (2019), Provin (2020) e Silva (2021) também recorreram às sucatas de modo a tornar o estudo abrangente e sustentável. No que se refere aos *softwares*, Sodré (2022) não explorou a parte da programação. Mais especificamente, Oliveira (2020) utilizou o *Ardublockly*, Provin (2020) fez uso da plataforma S4A, Zignago (2020) utilizou o bloco EV3, assim como Carvalho (2021) e Filete (2020) que ampliaram as possibilidades usando o *tinkercad*. A respeito das metodologias, Oliveira (2020) também explorou a aprendizagem baseada em projetos.

Dentre as limitações apresentadas nos estudos, podemos destacar a busca por métodos adequados, uma vez que se encontra na literatura poucos projetos a fim de vincular a Robótica aos conteúdos exigidos no currículo (Brito, 2019; Silva, 2021; Soares, 2019). Do mesmo modo, avaliar estatisticamente a eficiência dos projetos como um todo torna-se um processo complexo (Tozadore, 2020). Há, ainda, uma preocupação quanto à reflexão a respeito dos aspectos éticos e filosóficos da utilização dos sistemas da IA envolvidos nos processos educacionais (Mattos, 2022). Outro desafio que emerge nesse cenário é o expressivo número de estudantes presentes na turma, dificultando a realização das práticas uma vez que o volume de alunos é desproporcional aos materiais robóticos disponíveis devido aos recursos limitados de algumas escolas (Amorim, 2022; Marinho, 2022; Provin, 2020; Seghetto 2022; Zignago, 2020).

Por se tratar de um assunto pouco explorado no âmbito Educacional, as tecnologias digitais, em especial a Robótica, enfrentam resistência por parte de alguns educadores e diretores (Sodré, 2022). Além disso, para melhor aproveitamento das experiências robóticas, algumas pesquisas relatam que seria necessário um maior número de encontros, o que pode comprometer a carga horária limitada das escolas. Assim, por vezes, o tempo torna-se insuficiente para práticas consistentes (Amorim, 2022; Oliveira, 2023; Seghetto, 2022). Provin (2020) aponta questões referentes à imprecisão e à qualidade dos componentes e recomenda que, para minimizar essa limitação, o professor deve atuar como mediador do processo de construção dos conhecimentos. Além disso, pesquisas apontam para o crescimento da demanda por formação inicial e continuada de educadores que proporcione o conhecimento das diferentes tecnologias digitais e segurança para desenvolver as práticas (Amorim, 2022; Marinho, 2022; Filete, 2020; Mattos, 2022; Provin, 2020).

Em linhas gerais, os resultados das pesquisas reafirmam a importância de incorporar as tecnologias digitais no âmbito escolar, em especial a Robótica e a IA, visto que retratam múltiplas práticas exitosas, fornecendo experiências inovadoras que transcendem as

abordagens tradicionais de ensino. Além disso, apontam que é possível estabelecer uma abordagem equilibrada que promova a integração da Robótica e da IA como ferramentas facilitadoras no ambiente escolar, mas não substitutas da interação humana essencial na Educação. Contudo, as discussões também revelam ser crucial a preparação de educadores para incorporar efetivamente tais tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas, uma vez que o professor tem o importante papel de orquestrar esta construção do conhecimento.

Dessa forma, recomenda-se que aqueles que desejam atuar nessa perspectiva busquem investir em formação continuada que una fundamentos pedagógicos e competências tecnológicas, explorem ambientes colaborativos de aprendizagem e desenvolvam projetos que articulem teoria e prática. Assim, afirmamos que, para integrar Robótica e IA à Educação, o caminho passa por formar professores críticos, criativos e preparados para adaptar essas ferramentas às reais necessidades de seus alunos.

5. Considerações finais

Este estudo buscou discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Desse modo, a partir de um levantamento bibliográfico, investigamos pesquisas que abordaram o tema Robótica Educacional e/ou Inteligência Artificial (IA) nas práticas pedagógicas, em especial, na aprendizagem Matemática.

Os achados desta revisão apresentam diferentes práticas que exibem como utilizar a Robótica de modo a potencializar os processos de ensino e de aprendizagem Matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental, despertando uma visão crítica nos alunos e criativa em relação a estes avanços. Além disso, ainda que sejam poucas, as pesquisas indicam que a Robótica Educacional, aliada à IA, pode personalizar a aprendizagem, adaptando-se às necessidades individuais dos alunos. A interatividade e o engajamento proporcionados por robôs educacionais abrem novas possibilidades para que os processos de ensino e de aprendizagem sejam significativos, alinhados ao lúdico, contextualizados e prazerosos.

Embora as pesquisas analisadas não abordem especificamente a formação de professores para o uso de Robótica Educacional e IA, os resultados também advertem quanto à necessidade e urgência de ponderar a respeito do preparo e papel dos docentes. Frente às inovações tecnológicas, torna-se fundamental investir em formação inicial e continuada dos

professores, uma vez que seu papel como mediador da construção desse conhecimento é peça chave para um uso consciente e crítico dessas ferramentas.

Diante da lacuna existente nesta pesquisa, estudos futuros mais aprofundados sobre a existência de trabalhos que contemplem exatamente essa conexão podem revelar nuances essenciais para compreender o uso da IA e da Robótica no âmbito Educacional de maneira abrangente. Além disso, pesquisas futuras podem ponderar a respeito da formação dos educadores em relação às tecnologias digitais, em especial, a IA e a Robótica.

Nesse sentido, recomenda-se que pesquisadores que pretendem avançar na integração da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial à Educação voltem seus esforços para ações formativas que articulem teoria e prática, priorizando o desenvolvimento de competências pedagógicas e tecnológicas de forma indissociável. É importante que programas de formação inicial e continuada incluam experiências com o uso crítico dessas ferramentas em situações reais de ensino, estimulando a reflexão sobre seus impactos éticos, sociais e cognitivos. Além disso, gestores e formuladores de políticas educacionais devem promover condições estruturais e institucionais que favoreçam a experimentação pedagógica com tecnologias emergentes, assegurando tempo, suporte técnico e espaços colaborativos de aprendizagem.

Dentre as contribuições deste artigo, podemos destacar a relevância e urgência em abordar um tema importante que emerge na área da Educação, a síntese abrangente das interessantes práticas, os limites e desafios evidenciados bem como as possibilidades apontadas. A análise realizada propicia para as pesquisas subsequentes um cenário dos últimos anos, destacando aspectos fundamentais para o campo da Robótica Educacional e da IA no contexto da Educação, assim como fornece subsídios valiosos para educadores, pesquisadores e demais interessados na temática.

No cenário da Educação, a IA e a Robótica têm o potencial de transformar os processos de ensino e de aprendizagem, garantindo um ambiente fértil tanto para inovação quanto para a criatividade, contribuindo para a compreensão de disciplinas consideradas complexas e abstratas como a Matemática. Entretanto, seu uso deve ser cuidadosamente avaliado e monitorado de modo a garantir que seja uma prática segura e promissora. Cabe salientar a relevância de envolver educadores, alunos, responsáveis e outras partes interessadas no desenvolvimento e implementação da Robótica Educacional em conjunto com a IA na Educação a fim de possibilitar que ela atenda às necessidades de todos os envolvidos.

Refletir acerca do futuro da Educação consiste em pensar na capacidade de harmonizar as inovações no campo das tecnologias digitais com as práticas de ensino,

primando pela empatia e pelo estímulo à curiosidade. Dessa forma, o desafio compreende maximizar os benefícios dessas tecnologias digitais sem comprometer a interação humana, o desenvolvimento socioemocional e incentivando a criatividade nos processos de ensino e de aprendizagem. A partir de uma abordagem proativa e colaborativa entre educadores, técnicos e gestores educacionais, vislumbramos uma Educação centrada no aluno e preparada para os desafios oriundos das diferentes demandas do século XXI.

Referências

AMORIM, Andrique Figueiredo. **Robótica Educacional aplicada ao ensino básico: uma análise das abordagens teóricas e metodológicas e dos resultados de aprendizagens presentes nas pesquisas brasileiras de 2015 a 2020**. 2022. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Estadual da Bahia, Vitória da Conquista, 2022. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgen/producao-turma-mestrado/2020-2022/>. Acesso em: 24 jul. 2023.

ARAGÃO, Franciella. **Robótica educativa na construção do pensamento matemático**. 2019. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2019. Disponível em: <https://bu.furb.br/consulta/novaConsulta/recuperaMfnCompleto.php?menu=esconde&CdMFN=366252>. Acesso em: 14 jul. 2023.

AZEVEDO, Greiton Toledo de; MALTEMPI, Marcus Vinicius; POWELL, Arthur Belford. Contexto Formativo de Invenção Robótico-Matemática: Pensamento Computacional e Matemática Crítica. **Bolema: Boletim De Educação Matemática**, v. 36, n. 72, pp. 214-238, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>. Acesso em: 24 jul. 2023.

BODEN, Margaret A. **Inteligência Artificial: uma brevíssima introdução**. São Paulo: Unesp Editora, 2020.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.

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

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no Pisa 2022**. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados>. Acesso em: 01 abr. 2024.

BRITO, Robson Souto. **A pesquisa brasileira em Robótica pedagógica: um mapeamento sistemático com foco na educação básica**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34195>. Acesso em: 26 nov. 2023.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **A Robótica para uso Educacional**. São Paulo: Senac Editora, 2019.

CARVALHO, Geisla Aparecida de. **A Robótica no ensino e aprendizagem de física e matemática no ensino fundamental II**. 2021. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.232>. Acesso em: 26 nov. 2023.

CHARLOT, Bernard. **Da relação com o saber**: elementos para uma teoria. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática**: da teoria à prática. 23. ed. Campinas: Papirus Editora, 2013.

FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; MALTEMPI, Marcus Vinicius. Raciocínio proporcional na matemática escolar. **Revista Educação em Questão**, [S. l.], v. 58, n. 57, 2020. DOI: 10.21680/1981-1802.2020v58n57ID20024. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/20024>. Acesso em: 24 out. 2023.

FILETE, Flavio Anderson. **Robótica com Arduíno como recurso pedagógico para o ensino de geometria e trigonometria**. 2020. 188 f. Dissertação (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2020. Disponível em: https://sca.proformat-sbm.org.br/proformat_tcc.php?id1=5619&id2=171052979. Acesso em: 25 nov. 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra Editora, 2002.

GADANIDIS, George; JAVARONI, Sueli Liberatti; SANTOS, Silvana Cláudia dos; SILVA, Eliel Constantino da. Computing in Mathematics Education: Past, Present, and Future. In: DANESI, Marcel. (Ed.). **Handbook of Cognitive Mathematics**. Cham: Springer, 2022, v. 2-2, Capítulo 27, p. 805-842. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03945-4_35. Acesso em: 23 jul. 2024.

GARCIA, Elias. Pesquisa bibliográfica versus revisão bibliográfica: uma discussão necessária. **Revista Línguas e Letras**: Cascavel, v. 17, n. 35, p. 291-294, 2016. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/linguaseletras/article/view/13193>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GAVAZZI, Adriana Nascimento Figueira. **Robótica pedagógica como ferramenta para aplicação da metodologia steam (science, technology, engineering, arts and mathematics) no ensino fundamental**. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado em Projetos Educacionais de Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.97.2020.tde-29042022-111332>. Acesso em: 27 nov. 2023.

JORGE, Carlos Henrique. **Uma experiência da Robótica Educacional**: a solução do desafio Rescue Line para os alunos do Ensino Fundamental. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em

Matemática em Rede Nacional) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/13920>. Acesso em: 27 nov. 2023.

LÉVY, Pierre. Os três tempos do espírito: a oralidade primária, a escrita e a informática. In.: LÉVY, Pierre. **Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010, Capítulo 2, p. 75-134.

LUCKIN, Rose; HOLMES, Wayne; FORCIER, Laurie B.; GRIFFITHS, Mark. **Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education**. London: Pearson, 2016.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MARINHO, Francisco Gabriel Teixeira. **UpRobotics: Robótica Educacional utilizando linguagem visual baseada em blocos**. 2022. 197 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8809>. Acesso em: 27 nov. 2023.

MATTOS, Silvana Gogolla de. **Em busca de compreensões sobre inteligência artificial e programação intuitiva na educação matemática**. 2022. 169 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e em Matemática) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/80496>. Acesso em: 26 nov. 2023.

OCDE, ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **PISA 2022 Results: Factsheets Brazil** OCDE, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/country-notes/brazil-61690648#chapter-d1e11>. Acesso em: 01 abr. 2024.

OLIVEIRA, David Gentil de. **Robótica pedagógica para o ensino de ciências em Santo Antonio do Tauá-Pará**. 2020. 83 f. Dissertação (Mestrado em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) - Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12719>. Acesso em: 26 nov. 2023.

OLIVEIRA, Samuel Barbosa de. **Robótica Educacional: sequência didática para introdução ao desenvolvimento do pensamento computacional utilizando o BBC Micro:bit no 9º ano do ensino fundamental**. 2023. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS, 2023. Disponível em: <http://www.ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/view/418/0>. Acesso em: 26 nov. 2023.

PASSOS, Daniel Deyson Nunes. **Incentivo a Popularização da Robótica Educacional como Recurso de Ensino por Meio da Utilização de um Sistema de Geração Automatizada de Planos de Ensino**. 2021. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6701>. Acesso em: 27 nov. 2023.

PEREIRA, Elenise da Silva. **O software scratch como fomento para práticas steam a partir da aprendizagem criativa com alunos de uma escola pública de Alvorada, RS**. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e matemática) - Universidade

Luterana do Brasil, Canoas, RS, 2020. Disponível em:
https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_a4053715c9f1e44fdd6b8c938a02dd18.
 Acesso em: 27 nov. 2023.

PEREIRA, Jéssica Maria; OLIVEIRA, Ruana Mikele Santos; ANDRADE, Samara Cardoso Faria; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; SANTOS, Silvana Claudia; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Robotics as a Possibility for Exploring Laterality in Early Childhood Education. *In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, Anais [...]*, Canada: IEEE, pp. 678-682, 2023. Disponível em:
<https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332990>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PONTE, João Pedro da; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações Matemáticas na Sala de Aula**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

PROVIN, Sara. **Interfaces da Robótica educativa na ensinagem de alguns elementos de geometria plana no ensino fundamental**. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2020. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1950>. Acesso em: 27 nov. 2023.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; BOSCATI, Lucas P; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Advances in Social Robotics: A Brief Review of Recent Contributions and Innovations. *In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, Anais [...]*, Canada: IEEE, pp. 35-40, 2023. Disponível em:
<https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332925>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Uso da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, *Anais [...]*, Brasília, p. 1–13, 2024. Disponível em:
<https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/248>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SANTOS, Daniel Tebaldi; SANTOS, Silvana Cláudia dos; JAVARONI, Sueli Liberatti. O conceito de tecnologia e seres-humanos-com-mídias: aspectos epistemológicos da cibernética e educação matemática. *In: BORBA, Marcelo de Carvalho; XAVIER, José Fábio; SCHUNEMANN, Tiele Aquino. (Org.). Educação Matemática: múltiplas visões sobre tecnologias digitais*. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023, v. 1, Capítulo 2, p. 23-38.

SEGHETTO, Marlise. **Simetria da reflexão, translação e rotação: uma abordagem através da Robótica Educacional**. 2022. 134 f. Dissertação (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2022. Disponível em:
<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/5222>. Acesso em: 27 nov. 2023.

SERRES, Michel. **Polegarzinha: uma nova forma de viver em harmonia, de pensar as instituições, de ser e de saber**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

SIBILA, Paula. **Redes ou Paredes: a escola em tempos de dispersão**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

SIQUEIRA, Dirceu Pereira; MOREIRA, Mayume Caires; VIEIRA, Ana Elisa Silva Fernandes. As pessoas e grupos em exclusão digital: os prejuízos ao livre desenvolvimento da personalidade e a tutela dos direitos da personalidade. **Revista Direitos Culturais**, v. 18, n. 45, p. 3-17, 7 set. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.31512/rdc.v18i45.1129>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SILVA, Aleksander Figueiredo; HOED, Raphael Magalhães; SARAIVA, Pedro Fábio. Comparação entre a educação brasileira e a de países com bons resultados no exame do pisa: um estudo a partir da talis. **Revista foco**, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e899, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/899>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SILVA, Marcelo Pires da. **Robótica Educacional livre no 9º ano do ensino básico: uma trilha de implementação de Robótica com Arduino para o ensino de Física e Matemática**. 2021. 184 f. Dissertação (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufcat.edu.br/items/fc15a003-05d0-4c8d-bbf2-5fb057c599b3>. Acesso em: 27 nov. 2023.

SILVA, Rodrigo Barbosa e; BLIKSTEIN, Paulo. **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira**. Porto Alegre: Penso Editora, 2020, v. 3.

SILVEIRA, Marisa Rosâni Abreu da. A Dificuldade da Matemática no Dizer do Aluno: ressonâncias de sentido de um discurso. **Revista Educação e Realidade**, v. 36, n. 3, p. 761-779, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/educacaoerealidade/article/view/18480/14340>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SOARES, Omar Guilhano da Rosa. **Unidade de ensino potencialmente significativa para aulas de cinemática no eja: o uso da Robótica e outras estratégias interativas**. 2019. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/rii/5635>. Acesso em: 26 nov. 2023.

SODRÉ, Angéli Nunes. **O potencial da Robótica Educacional na matemática para estudantes do ensino fundamental**. 2022. 110 f. Dissertação (mestrado em educação inclusiva em Rede) - Centro de Educação a Distância, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://www.udesc.br/cead/mestrado profei/disserta%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 26 nov. 2023.

TOZADORE, Daniel Carnieto. **Robotic - Cognitive Adaptive System for Teaching and Learning (R-Castle)**. 2020. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências da Computação e Matemática Computacional) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.55.2020.tde-31082020-093935>. Acesso em: 26 nov. 2023.

ZIGNAGO, Rangel. **Robótica Educacional nas aulas de Matemática: Trabalhos colaborativos com alunos do 8º ano do Ensino Fundamental**. 2020. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/12434>.

Acesso em: 27 nov. 2023.

ARTIGO II - ROBÓTICA EDUCACIONAL E O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO FORMATIVO EM MATEMÁTICA

Resumo: Este artigo objetiva investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. A proposta metodológica é de cunho qualitativo e os dados foram produzidos na Escola Estadual Raul de Leoni no município de Viçosa–MG. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes de uma turma do sétimo ano do Ensino Fundamental. Os dados foram analisados a partir das anotações no caderno de campo, fotografias, vídeos, folhas de atividades e uma roda de conversa. A triangulação dos dados foi realizada à luz dos quatro momentos das Investigações Matemáticas (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009) e nos quatro principais elementos da organização do desenvolvimento do Pensamento Computacional (Azevedo, 2022). A análise dos dados possibilitou inferir que é possível estabelecer relações entre a Robótica Educacional e as Investigações Matemáticas. Concluímos que a Robótica se apresenta como uma ferramenta com potencial para engajar os alunos na construção do conhecimento, afinal, os estudantes se mostraram interessados e envolvidos nas práticas com a Robótica Educacional.

Palavras-chave: Educação Matemática. Tecnologias Digitais. Pensamento Computacional. Investigações Matemáticas. Anos Finais do Ensino Fundamental.

1. Robótica Educacional no processo formativo

A tecnologia está associada ao conjunto de conhecimentos e práticas aplicados para realizar tarefas específicas. Ela é entendida como técnica que transcende a mera utilização de máquinas uma vez que engloba o conhecimento incorporado nas práticas humanas ao longo do tempo (Santos; Santos; Javaroni, 2023; Vieira-Pinto, 2005). Vieira-Pinto (2005) critica a ideia de explosão tecnológica explicando que esse conceito complexo está imbricado ao desenvolvimento do homem e à busca por melhorias, sendo assim uma discussão que se atualiza conforme a sociedade se desenvolve.

De acordo com Lévy (2010), as tecnologias são atores. O entendimento da atuação das tecnologias ocorre em virtude de o conhecimento não acontecer isoladamente, afinal, segundo o autor, o pensamento é individual, mas a inteligência é coletiva. Nesse sentido, as tecnologias da inteligência, nomeadamente a oralidade, a escrita e a informática, são as principais representantes que moldam nossos pensamentos e posturas. Logo, a tecnologia consiste em um conceito amplo ligado à evolução social e cultural (Santos; Santos; Javaroni, 2023).

Em especial, as tecnologias digitais constituem um conjunto abrangente de ferramentas, sistemas e recursos que, a partir de *hardware*, *software* e dados simbólicos, desenvolvem diversos equipamentos eletrônicos iniciando com computadores e expandindo para dispositivos móveis, múltiplas redes de comunicação e serviços *online* (Costa, 2009).

No âmbito educacional, as tecnologias digitais podem contribuir significativamente nos processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, precisamos ter em mente que as tecnologias não determinam os resultados, mas os condicionam (Lévy, 2010) mediante um planejamento vinculado às práticas educativas. Em outras palavras, “responsabilizar a técnica pelos seus ‘impactos sociais negativos’, ou mesmo seus ‘impactos sociais positivos’, é desconhecer, antes de mais nada, o quanto — objetiva e subjetivamente — ela é construída por atores sociais, ou seja, no contexto da própria sociedade” (Benakouche, 1999, p. 2).

Desse modo, pensar a Robótica na Educação, assim como quaisquer outras tecnologias digitais, requer práticas alinhadas ao currículo e aos conteúdos escolares para promover um ensino significativo aos alunos. O professor da turma, por sua vez, desempenha um papel fundamental que vai além de planejar tais práticas, o de mediador do conhecimento, sendo ativo e responsável por suscitar uma visão crítica e reflexiva frente à Robótica sem supervalorizar ou depreciar sua presença no ambiente escolar.

No que tange à Robótica Educacional, Azevedo (2022) aponta que vinculá-la ao processo formativo do estudante instiga o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais para a aprendizagem em Matemática. Em geral, a Robótica Educacional fornece um ambiente propício para trabalhar de forma interdisciplinar ou transdisciplinar, estabelecendo relações entre duas ou mais disciplinas escolares à medida que mobiliza o ensino como uma estratégia de pesquisa que atravessa as fronteiras escolares e estabelece conexões com o cotidiano dos alunos (Azevedo, 2022; Pereira *et al.*, 2023).

No processo formativo, em especial da Matemática, a construção da aprendizagem ocorre a partir de uma comunicação entre o concreto e o abstrato na qual os processos da Robótica Educacional são essenciais. Dentre estes processos está a aplicação de conceitos e termos matemáticos (ou outros) à prática, a resolução de problemas, bem como a retomada dos resultados com intuito de analisá-los. Estes processos impulsionam a interação professor-aluno-robô permitindo o crescente desenvolvimento de múltiplas habilidades, de modo que, “[...] ao fazer ciência e desenvolver tecnologias, o aluno pode se perceber como agente de trans(formação) em sociedade” (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022, p. 236).

Embora seja um tema atual, ele não é novo. Papert, um dos pioneiros no assunto, já desenvolvia trabalhos discutindo a temática em 1960 à luz do construcionismo ao elaborar o primeiro protótipo de uma tartaruga robô em 1980 (Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022). Esses estudos evidenciaram que a Robótica pode auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem, desenvolvendo diferentes habilidades práticas essenciais. Para Papert (2008), as tecnologias digitais podem impulsionar o ensino, pois, se uma criança aprende Matemática

de forma experimental e intuitiva por meio da observação, ela também pode aprender a usar o computador brincando.

A abordagem construcionista defende o aprender fazendo. Nessa perspectiva, as crianças aprendem quando estão ativamente engajadas na construção de algo significativo (Campos, 2019). Essa forma de aprendizagem em que as crianças são encorajadas a experimentar, descobrir e construir pode proporcionar a construção de um conhecimento sólido que não se perde com o tempo. Dessa maneira, a aprendizagem pode se tornar significativa e adaptada às necessidades individuais dos estudantes, possibilidade que nos convida a refletir sobre o uso da computação e do incentivo ao Pensamento Computacional (PC) para despertar o interesse dos discentes pela Matemática (Papert, 1980).

Incorporar o PC no âmbito Educacional torna-se uma alternativa para contribuir para uma Educação de qualidade com ensino contextualizado, permeado de situações e atividades investigativas oriundas de problemas reais nos quais os educandos podem desenvolver capacidades relacionadas à Matemática e à programação simultaneamente (Gadanidis *et al.*, 2022; Papert, 1980). De igual modo, as Investigações Matemáticas, tanto no âmbito das pesquisas quanto no cenário escolar, têm despertado avanços nas práticas educativas que atendem aos quadros político, econômico e ambiental atuais, buscando tornar a sala de aula um ambiente onde se constrói conhecimento mediante a troca, valorizando o conhecimento prévio dos educandos, bem como o diálogo (Corradi, 2011).

Tendo em vista a relevância desse estudo para o cenário educacional, assim como as concepções supracitadas, esse artigo tem por intuito investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Na sequência, nos aprofundamos acerca do Pensamento Computacional e sua gama de possibilidades no cenário da Educação.

2. Pensamento Computacional

O Pensamento Computacional (PC) consiste em um importante processo que pode ser explorado desde a Educação Infantil, evoluindo de maneira conjunta com as etapas da escolaridade até o Ensino Superior. Explorar o PC proporciona ao aluno uma visão crítica em relação ao mundo tecnológico (Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022). Em outras palavras:

Não basta apenas saber usar o computador ou softwares como editores de texto e de produtividade. Tecnologias como a impressão tridimensional, óculos de realidade virtual e aumentada, robótica, inteligência artificial e

jogos eletrônicos já fazem parte do cotidiano e demandam dessa geração a capacidade de entendimento sobre o funcionamento dessas tecnologias para aplicação de maneira contextualizada (Martins; Oliveira, 2023, p. 34).

A capacidade de navegar pela *internet* ou copiar e colar dados não se trata de uma habilidade relacionada ao PC. Seria necessário que, ao realizar essas ou quaisquer outras ações que envolvam as tecnologias digitais, o aluno tivesse uma postura crítica (Blikstein, 2008). Nesse sentido, Wing (2006) defende que o PC não seja restrito aos cientistas, uma vez que possibilita a junção das capacidades dos computadores com as habilidades humanas, compreendendo seu comportamento, permite pensar na melhor forma de resolver um problema, projeta sistemas e realiza tarefas que, sem o auxílio das tecnologias digitais, não seríamos capazes.

Em uma reflexão sobre o PC, Azevedo (2022) expõe quatro principais elementos para resolver problemas de acordo com a organização do desenvolvimento desse tipo de pensamento, são eles: a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e o algoritmo. Esse conjunto de elementos pode ser utilizado para resolver problemas simples ou complexos, sendo possível identificá-los durante toda a ação.

Quanto ao elemento de decomposição, no PC reformulamos um problema aparentemente difícil em um ou vários problemas que sabemos resolver, seja por redução, incorporação, transformação ou até mesmo simulação (Wing, 2006). Tal estratégia designa-se decomposição, ou seja, a fragmentação de um problema tido como complexo e representa o processo de analisar e interpretar um problema ou tarefa decompondo-o em dados específicos como subproblemas ou subtarefas objetivando encontrar a solução do todo (Navarro; Sousa, 2023).

Já o reconhecimento de padrões contribui significativamente na identificação de processos que se repetem lógica e ordenadamente, facilitando a previsão de ocorrências futuras e a otimização de soluções, aprimorando a compreensão das relações entre diferentes elementos e permitindo um melhor entendimento e análise de dados (Azevedo, 2022). Complementando a ideia, Navarro e Sousa (2023) afirmam que reconhecer um padrão denota um movimento de identificação de repetições e similaridades em um problema ou tarefa que trata da identificação de analogias em diferentes processos.

A abstração, por sua vez, de acordo com Wing (2011), está diretamente relacionada ao PC, uma vez que exige uma postura ativa, crítica e criativa frente à análise de um problema, diferenciando-se de uma simples resolução de atividades. Contudo, compreender conteúdos abstratos tem sido um desafio recorrente entre os estudantes. Isso ocorre, pois, a abstração

exige o pensar acerca de conhecimentos já construídos por meio de uma recorrente reflexão. É preciso encontrar direções para reorganizar ideias e construir novos conhecimentos. A compreensão de que os discentes são capazes de obter avanços a partir de uma aprendizagem ativa que permita explorar situações, constatar resultados e construir suas próprias conclusões é pertinente ao PC (Azevedo, 2022).

Por fim, o algoritmo desempenha o importante papel de reunir as demais bases do PC — decomposição, abstração e reconhecimento de padrões — em algo executável, permitindo solucionar diversos problemas a curto prazo, sejam eles interpretados e executados por humanos ou por máquinas. No entanto, Azevedo (2022) alerta que a palavra algoritmo pode remeter a uma ideia equivocada de um conceito complexo, mas que podemos defini-lo como um “conjunto de passos que compõem uma solução replicável” (Guiraze; Singo; Chin, 2023, p. 6). Azevedo (2022, p. 44) acrescenta que “pode ser compreendido como um conjunto de regras lógico-procedurais e analíticas”. Desse modo, não se trata apenas de passos a serem seguidos, mas sim de passos lógicos e ordenadamente organizados a serem seguidos em uma estrutura rigorosa.

Complementando essa ideia, na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é afirmado que “um algoritmo é 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” (Brasil, 2018, p. 271). De acordo com a BNCC, os algoritmos possuem relevância no processo formativo em Matemática. Portanto é recomendado que sejam abordados como objeto de estudo nas aulas e que, por meio do desenvolvimento do algoritmo enquanto habilidade, seja estreitada a relação com a linguagem algébrica (Brasil, 2018).

Wing (2011) aponta que o algoritmo consiste em um processo de abstração, um dos processos mais importantes e de alto nível do PC, que possibilita dimensionar e lidar com a complexidade, permitindo a construção de sistemas cada vez maiores. Ao abstrair, o estudante reflete a respeito das etapas, execução, entradas e saídas de um algoritmo específico, exercitando, dessa forma, o raciocínio lógico e estabelecendo relações entre o abstrato e o concreto. Além disso, “o trabalho com o PC, na especificidade da Formação em Matemática, é entendido como oportunidade para que o aluno crie novas coisas com o conteúdo curricular em vez de navegar, copiar e colar dados com o computador” (Azevedo, 2022, p. 45).

Ademais, ao construir um algoritmo, é possível “compreendê-lo e transpô-lo a diferentes contextos e possibilidades, relacionando-o aos conhecimentos acadêmicos e técnicos com problemas reais” (Azevedo, 2022, p. 46). Desse modo, entendemos que as

práticas, no que se refere a projetar algoritmos, possibilita ponderar a respeito da construção e execução do mesmo e relacionar aos problemas do cotidiano em diferentes contextos e possibilidades, colaborando para o desenvolvimento da formação em Matemática a partir de habilidades do PC. Portanto, não se trata de um ensino que priorize a formalização de conceitos e regras através da memorização de padrões e sequências, mas sim de um trabalho que deve acontecer significativamente, empregando formas de problematização de atividades que instiguem os alunos a produzirem estratégias (Navarro; Sousa, 2023).

Vislumbramos no trabalho com a Robótica uma alternativa para desenvolvimento do PC e da capacidade do aluno de desempenhar uma postura ativa e crítica. Sendo assim, o PC se apresenta como uma possibilidade de forjar ideias intelectuais à construção de conhecimento em distintas áreas, entre as quais está a Matemática. Do mesmo modo, apresentamos as Investigações Matemáticas que serão ponderadas a seguir.

3. Investigações Matemáticas

A Matemática é uma ciência humana em constante construção e aprimoramento (D'Ambrosio, 2013). A partir da exploração, investigação ou simplesmente da dúvida, novas possibilidades de expansão da ciência são encontradas e, a partir delas, a Matemática evolui imersa nos diferentes contextos sociais, econômicos e culturais. Em um caminho não linear, a humanidade inventou os números, as rodas, as construções, os computadores, as formas de comunicação à distância e os *QR codes*. Cada marco histórico do desenvolvimento humano é influenciado pela Matemática, o que evidencia a importância das Investigações Matemáticas para compreensão e transformação do mundo. Com a constante busca por respostas encontramos frequentemente resolvendo problemas, conjecturando, provando ou descartando hipóteses e, ainda, com intuito de sermos compreendidos, argumentamos e nos justificamos sempre que necessário.

Segundo Corradi (2011), as investigações se encontram, da mesma forma, presentes na Educação Matemática por meio das pesquisas e seus focos quanto às mudanças no campo Educacional, às transformações tecnológicas e às práticas docentes, são carregadas de desafios e subjetividades oriundas da realidade de cada escola. A autora destaca que a prática das Investigações Matemáticas contribui para a construção de aprendizagens, para o fortalecimento de conjecturas e para a realização de mudanças no âmbito Educacional. As atividades investigativas, no geral, se destacam por envolver explorações e raciocínio que

levam os alunos a justificar, generalizar, encontrar contra exemplos, dentre outros (Ponte *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o professor é o responsável por mediar as aulas. É preciso estar atento para não estruturar situações investigativas muito difíceis que levem ao desânimo, tampouco muito fáceis que causem desinteresse. De igual modo, não se deve conceder muitas dicas a ponto de influenciar nas decisões nem de permitir a incompreensão da tarefa promovida por falta de dados. Aos professores cabe ensinar aos educandos que o erro nos estudos investigativos não tem de ser descartado nem tratado como fracasso, mas como um indício de que é necessário trilhar um novo caminho. Estabelecendo uma boa relação com os alunos, é possível apoiá-los nas suas evoluções, atentando-se a uma postura interrogativa que guie o grupo a refletir por intermédio do diálogo. Este mediador tem de fornecer informações novas quando necessário, bem como recordar conceitos matemáticos que auxiliem a turma (Rodrigues; Ponte; Menezes, 2020; Ponte *et al.*, 1998). Para fins de análise,

[...] a realização de uma investigação matemática envolve quatro momentos principais. O primeiro abrange o reconhecimento da situação, a sua exploração preliminar e a formulação de questões. O segundo momento refere-se ao processo de formulação de conjecturas. O terceiro inclui a realização de testes e o eventual refinamento das conjecturas. E, finalmente, o último diz respeito à argumentação, à demonstração e validação do trabalho realizado (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009, p. 20).

Assim, conforme apresentam Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), o primeiro momento consiste na descoberta do problema em que os alunos devem reconhecê-lo e explorar a situação problemática a partir da formulação de questões. Deste modo, “[...] na investigação matemática o ponto de partida é uma situação aberta, ou seja, a questão não está completamente definida, cabendo a quem investiga (estudante) um papel fundamental na sua concretização” (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009, p. 9).

No segundo momento ocorre a organização dos dados de modo a formular conjecturas e afirmações a esse respeito. A abordagem da Investigação Matemática proporciona aos alunos a oportunidade de passar por todas as fases do processo. Após a introdução da tarefa, eles se envolvem em uma investigação orientada por meio de perguntas, seguida por discussões dos resultados. Em seguida, caminhamos para a sistematização do processo obtido a partir das conclusões apresentadas, permitindo que os alunos tenham um registro dos vários aspectos explorados ao longo da atividade, promovendo uma compreensão mais completa e uma documentação das descobertas realizadas durante a Investigação Matemática.

Já, no terceiro momento, é necessário realizar testes de modo a refinar as conjecturas anteriormente elaboradas. Nesse momento, o estudante vale-se dos seus conhecimentos prévios para descoberta de novos fatores que podem negar ou afirmar a conjectura que os direcionam para a próxima fase. Por fim, é o momento de validar as conjecturas e justificar as conclusões a partir das descobertas e de avaliar todo raciocínio utilizado ou os resultados deste raciocínio.

4. Metodologia

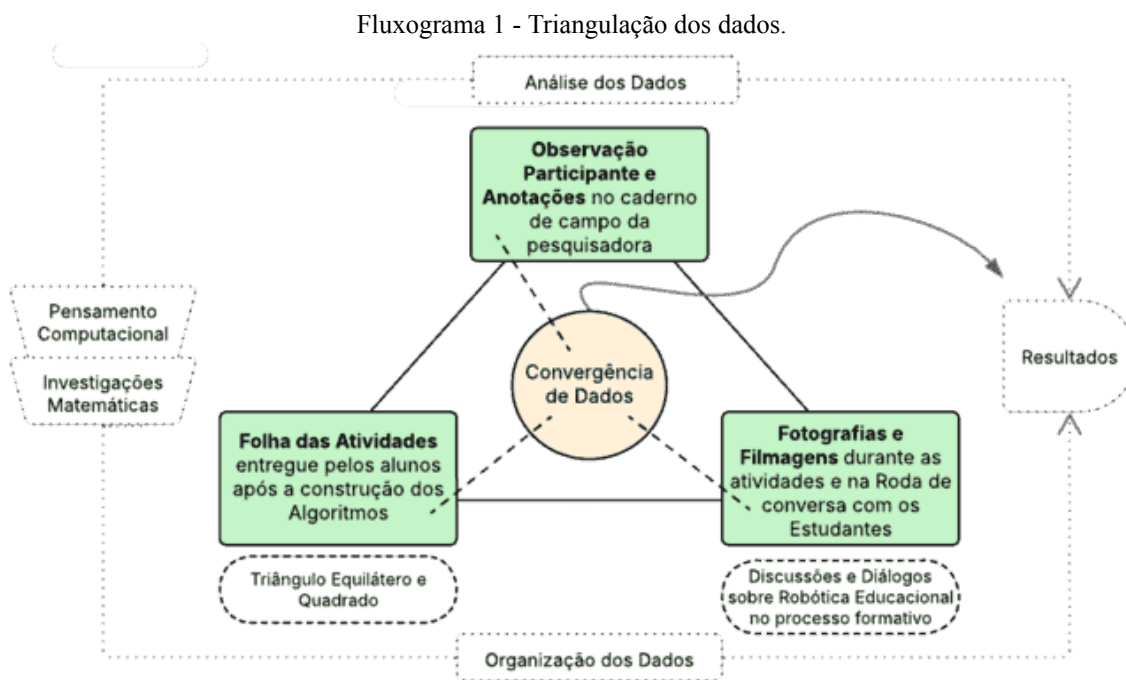
Na pesquisa qualitativa há um esforço de compreender diferentes perspectivas, assim, qualquer fator pode conduzir para a compreensão do fenômeno estudado. No âmbito qualitativo, um questionamento a respeito do objeto de estudo contribui para orientar a busca de aspectos e peculiaridades do fenômeno em questão (Bogdan; Biklen, 1994). Outrossim, há o cuidado para não deturpar os diálogos, analisando-os com responsabilidade, como também dispendo de cautela ao realizar descrições.

Os dados qualitativos não seguem regras precisas nem passos previamente estabelecidos quanto à produção de dados e à análise. No entanto, isso não significa que não deve haver planejamento. Goldenberg (2007) recomenda estabelecer técnicas e procedimentos que se adequem ao contexto do objeto particular uma vez que dados qualitativos não são padronizáveis. A autora ressalta, ainda, que tal tarefa deve envolver criatividade, flexibilidade e experiência do pesquisador. Dessa forma,

Para realizar uma pesquisa é preciso promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico construído a respeito dele. Em geral isso se faz a partir do estudo de um problema, que ao mesmo tempo desperta o interesse do pesquisador e limita sua atividade de pesquisa a determinada porção do saber, a qual ele se compromete a construir naquele momento (Lüdke; André, 2013, p. 2).

Assim, faz-se a triangulação relacionando os dados encontrados com a literatura estudada, com as experiências realizadas e com a subjetividade dos pesquisadores. Logo, por compreendermos que um ambiente investigativo torna a construção do conhecimento matemático significativo, permitindo a exploração de situações e a participação ativa de estudantes na sociedade a partir de experiências críticas e criativas, salientamos que esse trabalho será fundamentado à luz dos quatro momentos das Investigações Matemáticas

(Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009) e dos quatro principais elementos da organização do desenvolvimento do Pensamento Computacional (Azevedo, 2022), conforme representa o fluxograma 1.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste trabalho, daremos um enfoque especial aos polígonos regulares, em particular, ao quadrado e ao triângulo equilátero. Assumimos, neste estudo, que um polígono “dados três pontos, A, B e C, não colineares, à reunião dos segmentos AB, AC e BC chama-se triângulo ABC” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 35). Logo, essa é a definição para um polígono ser um triângulo. Mais especificamente, definimos triângulos “equiláteros se, e somente se, têm os três lados congruentes” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 36). Por sua vez, “um quadrilátero plano convexo é um quadrado se, e somente se, possui os quatro ângulos congruentes e os quatro lados congruentes” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 98). Tanto o triângulo equilátero quanto o quadrado são polígonos regulares, ou seja, um polígono convexo que tem todos os lados congruentes (é equilátero) e todos os ângulos congruentes (é equiângulo) (Dolce; Pompeo, 2013).

A escolha por esses polígonos se justifica mediante a demanda apresentada no currículo escolar. Além disso, o estudo da geometria plana é de suma importância não apenas para o desenvolvimento do pensamento lógico e abstrato, mas também para a aplicação

prática em diversas áreas do conhecimento humano, desempenhando um papel vital na formação educacional e profissional (Silva, 2024).

A abordagem qualitativa se mostra relevante nesse estudo, uma vez que entendemos ser fundamental levar em consideração a maneira pessoal e interpretativa ao realizar a produção dos dados e analisá-los. E também por objetivamos investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Os dados foram produzidos na Escola Estadual Raul de Leoni, uma escola pública do município de Viçosa–MG. Os participantes da pesquisa foram 10 alunos¹⁴ de uma turma do sétimo ano do Ensino Fundamental. Foram realizados dois encontros de duas horas/aulas cada nos horários habituais das aulas de Matemática da turma no período vespertino. Durante a realização dos encontros contamos com o apoio técnico e pedagógico do professor da turma e de outros três integrantes do Grupo de Atenção às Tecnologias na Educação (GATE) e do Núcleo de Especialização em Robótica (NERO)¹⁵.

Os encontros foram divididos em duas etapas: na primeira, foi realizada uma atividade investigativa envolvendo a Robótica Educacional e, na segunda realizamos um jogo que denominamos Enigmamatemático no qual dispomos do Robô *Math* que reconhece expressões faciais por meio da Inteligência Artificial. Entretanto, devido ao volume de dados e atentando-nos ao objetivo deste artigo, abordaremos, mais especificamente, os dados produzidos na primeira etapa. O quadro 1 fornece as relações entre a fundamentação teórica e as etapas da atividade investigativa, ou seja, o modo como cada momento foi pensado e realizado.

Quadro 1 - Detalhes dos estudos sobre a Robótica Educacional.

Investigações Matemáticas Momentos		Pensamento Computacional	Etapas da Atividade
1°	Exploração da problemática inicial	Abstração; Decomposição	Investigar o ângulo interno do Triângulo Equilátero e Quadrado
2°	Organização dos Dados	Algoritmo; Reconhecimento de padrões	Construir o Algoritmo
3°	Realização de Testes	Abstração; Algoritmo	Apresentar o Algoritmo do outro grupo
4°	Argumentação: justificar resultados	Algoritmo; Reconhecimento de	Apresentar o Algoritmo do outro grupo

¹⁴ A turma era composta por 14 estudantes matriculados dentre os quais 4 alunos faltaram nas duas aulas que ocorreram a realização dos encontros.

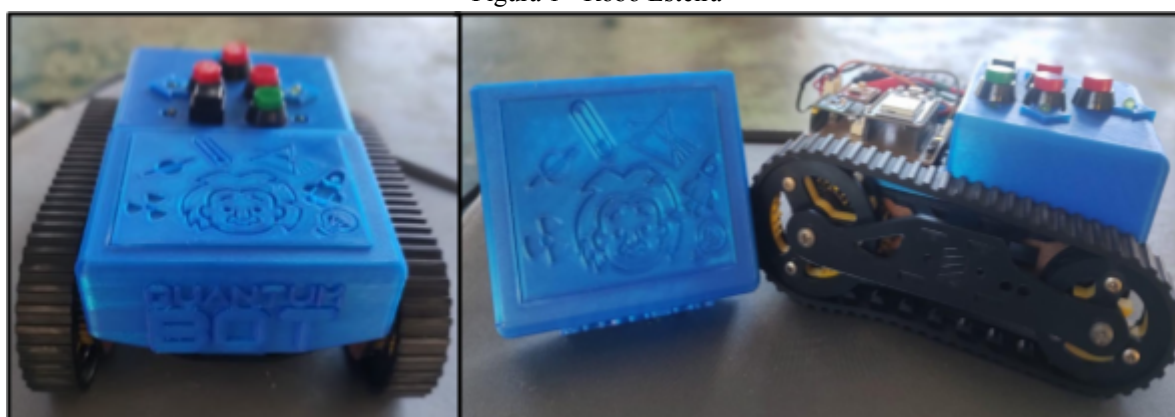
¹⁵ Grupos de pesquisas do qual as autoras são membros. *Página do GATE no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil na plataforma Lattes. Disponível em: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/9583657509714030>. Acesso em: 14 de maio de 2024. *Página do NERO no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil na plataforma Lattes. Disponível em: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/0868223885855886>. Acesso em: 14 maio 2024.

		padrões	
--	--	---------	--

Fonte: elaborado pela autora.

Nesta Atividade investigativa utilizamos o Robô Esteira (Figura 1). Um Robô construído no laboratório do NERO com seus materiais, recursos e por seus integrantes. Ele é fruto de um Trabalho de Conclusão de Curso de um dos estudantes do grupo e tem por intuito atender estudantes de diferentes níveis de escolaridade, assim como diversas pesquisas acerca da Robótica Educacional.

Figura 1 - Robô Esteira



Fonte: Elaborada pela autora.







Do mesmo modo, o aplicativo *Tagbot* usado para controlá-lo foi desenvolvido no âmbito do NERO como projeto de Iniciação Científica de um dos integrantes e teve por objetivo empregar mais funcionalidades ao Robô, ampliando a interação humano-tecnologia ao permitir que o usuário interaja com o mesmo de diversas formas. Nesta atividade, usamos o módulo de geometria do aplicativo (Figura 2).

Figura 2 - Interface do aplicativo *TagBot* — módulo geometria.

Fonte: Elaborada pela autora.

Desse modo, o Aplicativo *Tagbot* funciona a partir do espaço “Sequência” no qual será emitido a sequência descrita pelo usuário, proporcionando a construção de diferentes figuras geométricas pelo Robô. A sequência é construída a partir dos comandos em destaque no quadro 2.

Quadro 2 - Comandos do espaço “Sequência” do aplicativo Tagbot

Comando	Ícone	Função
Andar		Faz o robô deslocar-se um espaço pré-programado para frente.
Rotacionar		Faz o robô girar o ângulo descrito no comando, alterando sua direção.
Executar		Inicia a execução da sequência de comandos criada pelo usuário.
Corrigir		Permite ajustar ou modificar um passo da sequência antes da execução.
Limpar		Apaga toda a sequência construída até o momento.
Parar		Interrompe a execução da sequência a qualquer momento (não utilizada neste estudo).

Fonte: elaborado pela autora.

Os procedimentos de produção dos dados foram: registros fotográficos, gravações em áudio e vídeo, folha das atividades realizadas e anotações no caderno de campo da pesquisadora. Além disso, realizamos uma roda de conversa na última aula, no segundo encontro, para obter um *feedback* dos alunos. Esclarecemos que a realização dessa pesquisa

foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa¹⁶.

5. Resultados e discussões

Inicialmente estabelecemos um diálogo com os estudantes para compreender seus conhecimentos prévios a respeito da Robótica e da Robótica Educacional. Esse momento contribuiu para verificarmos que, assim como os estudos anteriores apontaram, a Robótica e os demais desenvolvimentos da tecnologia digital vieram para ficar e já fazem parte da realidade dos discentes (Campos, 2019). Os alunos indicaram durante a conversa que palavras como “robô”, “Robótica” e “programação” não são desconhecidas ou incomuns.

Após a conversa, explanamos a respeito de alguns conceitos, a saber: Robótica, robô, programação e algoritmo. Na sequência, apresentamos o Robô Esteira e o aplicativo *Tagbot* que auxiliou na atividade, explicando detalhadamente o funcionamento de ambos. Logo após, conhecendo o Robô Esteira, o aplicativo, o funcionamento de ambos e os estudantes foram desafiados a construir um algoritmo com os passos necessários para que o robô construísse um quadrado ou um triângulo equilátero. A turma foi dividida em quatro grupos e cada grupo ganhou uma folha contendo, na parte superior, o nome do polígono regular a ser construído. Dessa forma, um grupo não tinha conhecimento do trabalho do outro. Após realizarem a tarefa, a pesquisadora omitiu o nome do polígono e trocou os algoritmos para que pudessem executá-los.

A princípio, ao mencionar a tarefa a ser realizada entregando a folha da atividade¹⁷ aos grupos, discutimos a respeito do ponto de partida para construir o algoritmo e, de imediato, alguns estudantes citaram que era necessário descobrir o ângulo interno do polígono regular a ser construído pelo robô, dando início ao primeiro momento das Investigações Matemáticas. De acordo com Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), o primeiro momento das Investigações Matemáticas consiste no reconhecimento da problemática, sua exploração e a formulação de questões.

Ao investigarem o ângulo interno do polígono, os educandos fizeram o exercício da decomposição do problema, parte essencial do Pensamento Computacional, reforçando que há

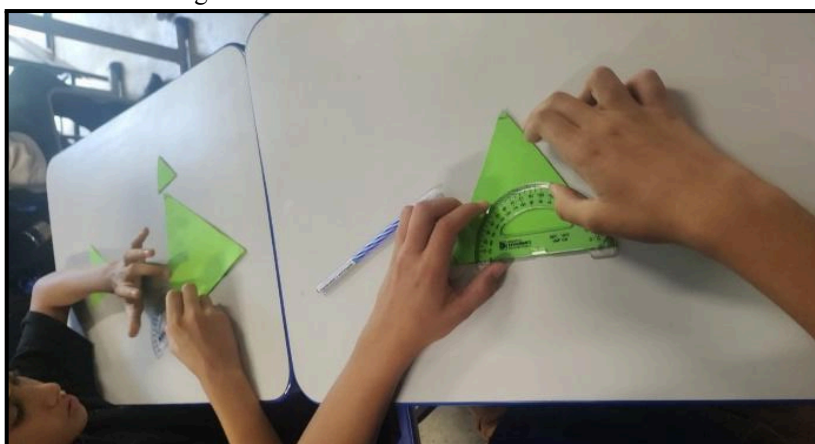
¹⁶ Pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CAAE: 75881223.5.0000.5153).

¹⁷ A folha de atividade entregue apresentava apenas o nome do polígono regular a ser construído (quadrado ou triângulo equilátero) no topo e o espaço necessário abaixo para ser realizada a tarefa.

um processo cognitivo que não deve ser restrita aos cientistas (Gadanidis *et al.*, 2022; Wing, 2006).

Para projetarem o algoritmo, os alunos precisavam investigar qual era o ângulo interno necessário para a construção do polígono regular. A fim de auxiliar os estudantes, foram disponibilizados transferidores de ângulos, réguas e materiais concretos no formato de quadrado ou triângulo equilátero para que todos os integrantes dos grupos pudessem realizar tal investigação e, posteriormente, prosseguirem com a atividade. Esses materiais manipuláveis, bem como as descobertas feitas a partir deles, conduziram a uma aprendizagem consistente e duradoura (Ponte *et al.*, 2015). No entanto, em um mesmo grupo, era possível encontrar alunos que manuseavam o transferidor de ângulos com facilidade e outros que desconheciam a forma como deveriam usá-lo, como ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Alunos manuseando o transferidor.



Fonte: Elaborada pela autora.

Ponte *et al.* (2015) esclarecem que os alunos podem nos surpreender quanto ao nível de dificuldade atribuído por nós docentes a uma determinada atividade. Um estudo de aula vivenciado pelos autores certifica que as resoluções de problemas de perfil investigativo têm relevância significativa para o ensino da Matemática, uma vez que conduzem os estudantes a desenvolver hipóteses, fortalecer conjecturas, explorar exemplos e demais ações importantes para o desenvolvimento do raciocínio.

Tal particularidade reforça o papel dos educadores como mediadores das investigações. Nesse estudo, este papel foi exercido pela pesquisadora e monitores que estavam, desde o início das atividades, passando por todos os grupos, mediando a ação e estabelecendo um cuidadoso diálogo, como podemos observar na Figura 4.

Figura 4 - Pesquisadora e monitores atuando como mediadores.



Fonte: Elaborada pela autora.

Esses monitores atuaram como mediadores ativos que, atentos às dúvidas, buscaram solucioná-las de forma a não comprometer o desenvolvimento da atividade, cuidando para que não influenciasssem na decisão dos próximos passos ou mesmo no resultado final (Rodrigues; Ponte; Menezes, 2020; Ponte *et al.*, 1998).

Um fato interessante discutido em Guiraze, Singo e Chin (2023) é que práticas envolvendo os algoritmos podem facilitar o exercício de atividades desplugadas, ou seja, atividades que não exigem o uso de computadores, *smartphones* e outras tecnologias digitais como os robôs, o que torna possível trabalhar o Pensamento Computacional e conceitos do universo da Robótica em ambientes onde a infraestrutura é precária ou limitada. As atividades desplugadas podem ser utilizadas também para trabalhar previamente noções que serão exploradas por meio dos equipamentos eletrônicos de modo a promover a introdução de conceitos básicos da programação, como é o caso deste trabalho. Buscamos, nesta etapa inicial da atividade, desenvolver uma noção intuitiva de programação a fim de facilitar o uso do aplicativo e o entendimento dos comandos.

Práticas que contemplem a Robótica Educacional mesmo indiretamente, como nesse primeiro momento, podem contar com um grande engajamento dos estudantes, visto que há uma interação entre eles e também com o professor, o que torna possível trabalhar até mesmo os conceitos mais abstratos. Deste modo, uma formação “que não se limita ao conteúdo e nem se centra na programação ou na construção tecnológico-robótica somente” pode ser almejada (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022, p. 219).

No caso desta pesquisa, os grupos discutiram entre si para que, em consenso, chegassem à resposta sobre qual era o ângulo interno necessário para construir o polígono regular. Posteriormente, os estudantes retornaram à construção do algoritmo debatendo os

próximos passos e como poderiam registrá-los no papel. Assim, eles começaram a organização dos dados, fase referente ao segundo momento das Investigações Matemáticas (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009). Nesse momento, foi possível notar que a turma permanecia engajada em toda a atividade, participando ativamente do processo. Mesmo nos momentos em que não estavam diretamente responsáveis pela escrita, os estudantes contribuíram através de sugestões, correções e ideias, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Momento de discussão entre os estudantes e organização dos dados.



Fonte: Elaborada pela autora.

A comunicação entre os grupos foi fundamental para a construção do conhecimento. Essa discussão coletiva é reconhecida como uma vertente da comunicação Matemática que contribui para a aprendizagem mediante o entrelaçamento das ideias na qual emerge a negociação dos significados (Rodrigues; Ponte; Menezes, 2020). De igual modo, a Robótica Educacional pode proporcionar um espaço de aprendizagem colaborativo, permitindo que cada aluno contribua com seu conhecimento e aprenda com os outros (Campos, 2019). Nessas práticas, nos deparamos com estudantes proativos, engajados e reflexivos que, ao enfrentar problemas em equipe, praticam a resolução colaborativa de problemas e a tomada de decisões.

O terceiro e o quarto momentos das Investigações Matemáticas ocorreram de forma simultâneas neste trabalho na medida em que os alunos apresentavam as ideias e ocorriam as discussões, como ilustrado pela Figura 6. Ao trocar os algoritmos construídos para executá-los, os grupos, concomitantemente, apresentavam o algoritmo construído pelos outros colegas para a turma e argumentavam acerca da falta de informação, dos erros, dos acertos e até realizavam uma breve avaliação afirmando se a sequência funcionaria ou não.

Figura 6 - Momento de execução e apresentação dos algoritmos.



Fonte: Elaborada pela autora.

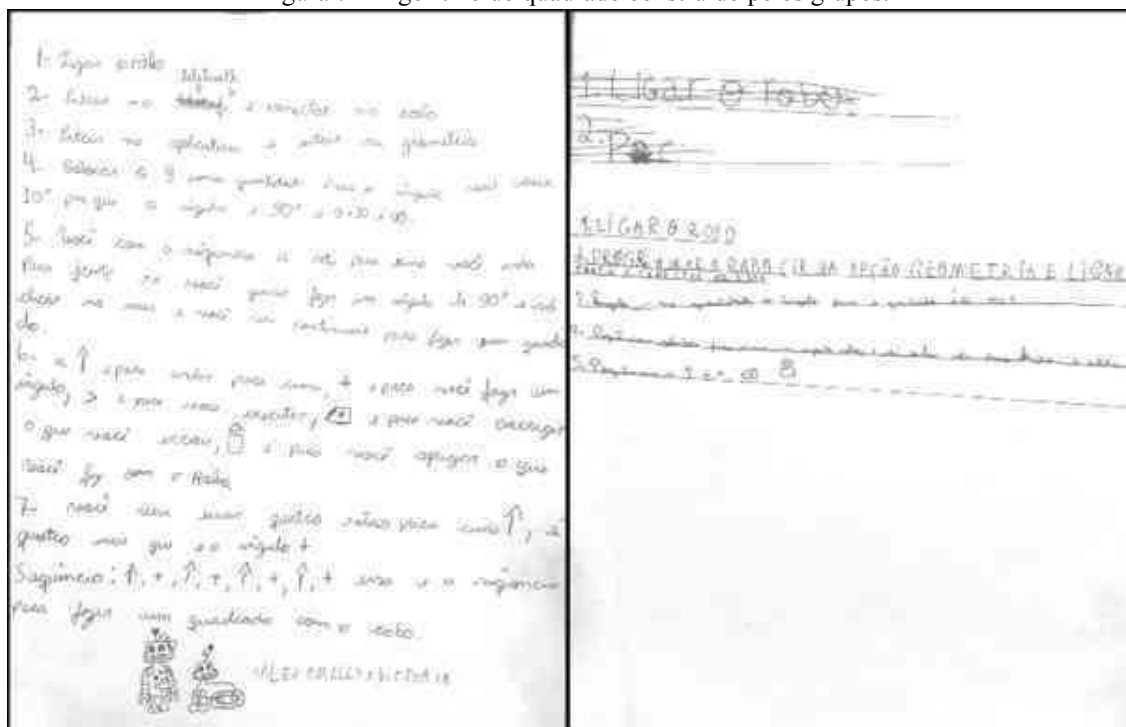
Para melhor expor suas ideias, os estudantes utilizaram o quadro a fim de explicar como interpretaram a sequência informada no algoritmo construído pelos colegas. Algo que chamou a atenção nesse momento foi a concentração e a participação de todos durante as apresentações, uma vez que os grupos debatiam entre si e com toda a turma.

Algumas sequências nem mesmo eram identificadas pelo aplicativo, visto que não correspondiam ao que foi proposto, como por exemplo: uma sequência com o comando de adicionar dois ângulos seguidos (+ +) ou o de avançar duas vezes seguidas ($\uparrow \uparrow$). Com isso, a turma percebeu que existia um padrão importante a ser seguido. Como o objetivo foi construir um polígono regular, o aplicativo não aceitaria sequências indicadas sucessivamente para rotacionar o ângulo ou adicionar passos à frente. Para Azevedo (2022, p. 44), “o reconhecimento de padrões contribui na identificação de processos que se repetem lógico e ordenadamente”.

Os estudantes entenderam que essa programação do Robô Esteira dependia também do ângulo interno necessário para construir tal polígono regular. Partindo do pressuposto de que o Robô realiza movimentos de 10° , 12° , 15° e 90° , podendo multiplicá-los em até dez vezes, os alunos precisaram ponderar a respeito de como formar o ângulo de 60° e até mesmo o de 90° a fim de explorar várias possibilidades. Nesse momento de realização de testes, os discentes apuraram suas ideias, analisando se a sequência informada pelo colega, da forma como estava estruturada, era ou não reconhecida pelo robô e, em seguida, houve uma discussão em busca de justificativa para tal erro ou acerto. Um importante momento da investigação foi quando os estudantes desenvolveram “a capacidade de comunicar matematicamente e de refletir sobre o seu trabalho e o seu poder de argumentação” (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009, p. 41). Além disso, com o auxílio da pesquisadora a turma pôde solidificar os conhecimentos construídos acerca de polígonos regulares.

Dentre os algoritmos apresentados, no que se referem aos quadrados, os dois grupos se atentaram para a organização das etapas. Entretanto, um deles era composto por escassas informações. A Figura 7 ilustra a compreensão dos grupos a respeito da sequência de passos.

Figura 7 - Algoritmo do quadrado construído pelos grupos.



Fonte: Elaborada pela autora.

Em virtude da qualidade reduzida da imagem apresentada, fornecemos uma descrição detalhada da imagem com o intuito de proporcionar uma compreensão mais abrangente de seu conteúdo e possibilitar que o leitor acompanhe a análise a partir de uma apreciação minuciosa da mesma (quadro 3).

Quadro 3 - Descrição da imagem apresentada na Figura 7.

<p>1- Ligar o robo.</p> <p>2- Entrar no <i>bluetooth</i> e conectar no robo.</p> <p>3- Entrar no aplicativo e entrar na geometria.</p> <p>4- Colocar o 9 como quantidade para o ângulo você coloca 10° por que o ângulo e 90° e 9x10 é 90.</p> <p>5- Você com a sequência a seta para cima você anda para frente se você quiser fazer um ângulo de 90° e só clicar no mais e você vai continuar para fazer um quadrado.</p> <p>6- a ↑ e para andar para cima, + e para você fazer um ângulo, > e para voce executar, ☒ e para você corrigir o que você errou, ☒ é para você apagar o que você fez com o robo.</p> <p>7- você vai usar quatro setas para cima ↑, é quatro</p>	<p>1- Ligar o robo</p> <p>2- Par</p> <p>1. <u>LIGA O ROBO.</u></p> <p>2. <u>PROGRAMAR O ROBO (IR NA OPÇÃO GEOMETRIA E LIGAR O BLUETOOTH E CONECTAR NO ROBO.</u></p> <p>3. <u>Ângulo na quantidade do ângulo para o quadrado é de 10x9.</u></p> <p>4. <u>Sequência - setinha para cima ai agente coloca + ai outra seta para baixo e coloca o+.</u></p>
---	--

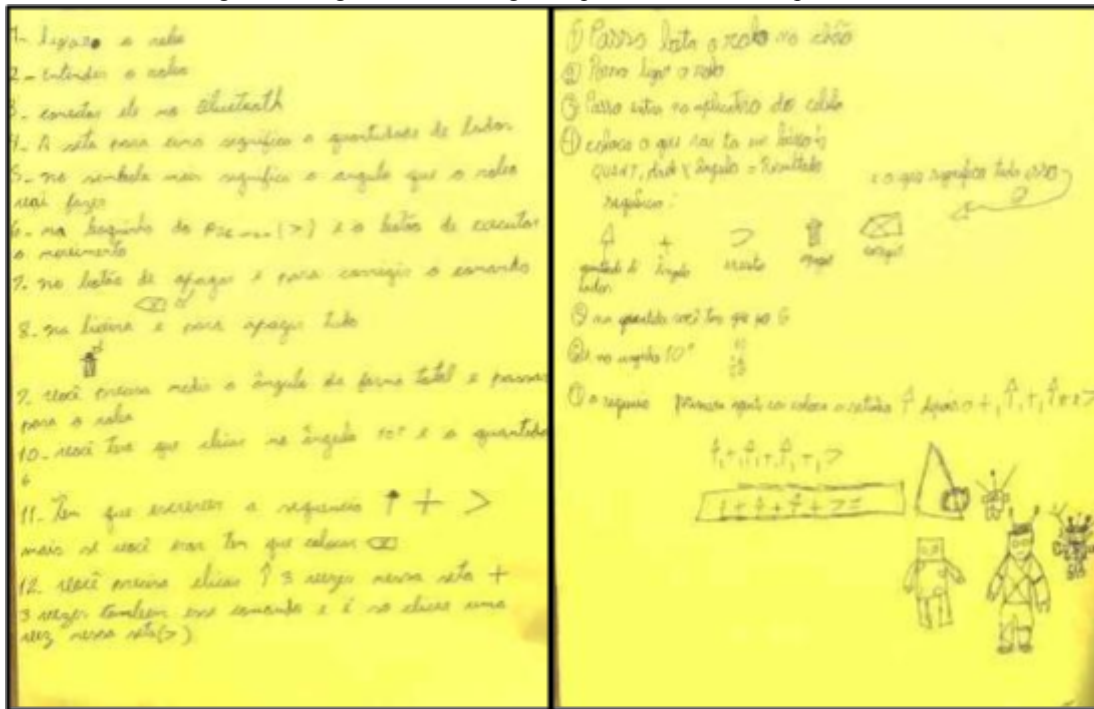
<p>mais que e o ângulo +. Sequência: ↑, +, ↑, +, ↑, +, ↑, + essa e a sequência para fazer um quadrado com o robo.</p> <p style="text-align: center;">Desenhos</p> <p style="text-align: right;">VALEU EMELLY e VICTORIA</p>	<p>5. <u>Sequência</u> ↑ + > ⏪ 🗑️.</p>
---	---

Fonte: Elaborado pela autora.

Note que ambos os grupos entenderam a proposta da atividade e as características de um algoritmo. No entanto, apenas o da esquerda atenta-se para a questão de fornecer todas as informações necessárias. Mesmo os dois grupos fazendo o uso de símbolos, a insuficiência de informações do algoritmo da direita comprometeu o seu entendimento e, conseqüentemente, ocorreu falha na execução da sequência. Portanto, apenas a sequência do grupo que se ateuve aos detalhes nas informações, procedeu corretamente. Muito além do certo ou errado, essa produção escrita desempenhou papel fundamental na compreensão de conceitos da geometria plana e na ampliação da reflexão crítica sobre a atividade proposta. A partir do protagonismo dos alunos a aprendizagem tornou-se colaborativa em um ambiente no qual os alunos aprendem e ensinam entre si (Romulo; Faria; Brandão, 2024).

No que se refere aos algoritmos do triângulo equilátero, os dois grupos mostraram entendimento ao oferecer informações suficientes bem como em relação à organização, uma vez que ambos forneceram detalhamentos importantes. Podemos notar, pela Figura 8, que um deles até se atentou para o comando inicial de “1- Passo bota o robô no chão”, já que o robô estava sobre a mesa e não teria espaço suficiente para realizar a construção.

Figura 8 - Algoritmo do triângulo equilátero construído pelos alunos.



Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, apresentamos uma descrição detalhada da imagem acima, tendo em vista sua resolução limitada e a nitidez comprometida, fatores que prejudicam a apreciação integral do conteúdo (Quadro 4). Dessa forma, o leitor poderá acompanhar e ter uma compreensão melhor da análise.

Quadro 4 - Descrição da imagem exibida na Figura 8.

<p>1- ligar o robô</p> <p>2- Entender o robo</p> <p>3- conectar ele no bluetooth</p> <p>4- A seta para cima significa a quantidade de lados</p> <p>5- no simbolo mais significa o angulo que o robo vai fazer</p> <p>6- na boquinha do pacman (>) e o botão de executar o movimento</p> <p>7- no botão de apagar e para corrigir o comando</p> <p>8- na lixeira e para apagar tudo</p> <p>9- você precisa medir o ângulo da forma total e passar para o robo</p> <p>10- você tera que clicar no ângulo 10° e a quantidade 6</p> <p>11- Tem que escrever a sequencia ↑ + > mais se você erar tem que colocar ☒</p> <p>12- você precisa clicar ↑ 3 vezes nessa seta + 3 vezes também esse comando e é so clicar uma vez nessa seta (>)</p>	<p>① Passo bota o robo no chão</p> <p>② Passo ligar o robo</p> <p>③ Passo entra no aplicativo do celula</p> <p>④ Colocar o que vai em baixo ↓ QUANTIdade X ângulo = Resultado sequência: e o que significa tudo isso</p> <p>↑ + > ☒</p> <p>quantidade de Ângulo executar apagar corrigir lados</p> <p>⑤ na quantida você tem que po 6</p> <p>⑥ e no angulo 10° 10 $\frac{x6}{60}$</p> <p>⑦ a sequencia primeira agente vai coloca a setinha ↑ depois o +, ↑, +, ↑, + e ></p> <p>↑, +, ↑, +, ↑, +, ></p> <p>↑ ↑ ↑ + + > =</p> <p style="text-align: right;">Desenhos</p>
---	---

Fonte: Elaborada pela autora.

Com intuito de tornar ainda mais explícito as informações, os dois grupos utilizaram símbolos. Entretanto, apenas o da direita teve o cuidado de indicar a sequência da forma como deveria aparecer no aplicativo. Dessa forma, o algoritmo da esquerda acabou fornecendo uma ambiguidade e, mesmo tendo o cuidado para descrever corretamente as ações, esse fato inviabilizou que a sequência fosse identificada pelo aplicativo, visto que, pelos comandos, a equipe que apresentou entendeu que deveriam colocar 3 vezes o ângulo (+ + +), algo que o aplicativo não reconheceu.

Durante a apresentação dos colegas, a turma encontrava-se, por um lado, atenta às falhas ou acertos dos colegas e, por outro, ligada ao algoritmo que recebeu em uma tentativa de se preparar para sua exposição. Logo que iniciou as apresentações, os estudantes perceberam que não bastava criar uma sequência de passos, mas que o algoritmo requeria um conjunto de regras lógico-procedurais e analíticas (Azevedo, 2022).

Os educandos refletiram recorrentemente acerca do resultado que gostariam de alcançar, da consequência daqueles passos e da construção realizada pelo Robô Esteira, em um processo de abstração, para, enfim, dizer se a sequência estava correta ou não. De acordo com Wing (2011), o algoritmo está diretamente relacionado ao processo de abstração, uma vez que se trata de uma parte importante do Pensamento Computacional que permite ao aluno, dentre as diferentes habilidades, o exercício do raciocínio lógico.

Devido a um pequeno problema técnico com o Robô Esteira que comprometeu essa parte final do primeiro encontro, exploramos um pouco mais esse terceiro e quarto momentos das Investigações Matemáticas no início do segundo encontro. Diferente do encontro anterior realizado em sala de aula, este ocorreu no pátio da escola em razão da excelente iluminação do espaço, fator que influencia no jogo Enigmatemático que ocorreria depois. Percebemos que, apesar da mudança do local, os estudantes permaneceram envolvidos com a atividade, demonstrando curiosidade e interesse, conforme exhibe a Figura 9. Corroborando Campos (2019), a Robótica Educacional pode ser trabalhada em diferentes espaços e disciplinas.

Figura 9 - Continuação dos testes e exposição dos algoritmos.



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao analisar o comportamento do Robô Esteira para verificar se a sequência fornecida gerou o resultado esperado, os estudantes desenvolveram habilidades do Pensamento Computacional, mantendo uma postura crítica frente ao robô. Essa postura proporcionou pensar o novo, ou seja, desenvolver alunos criativos que se distanciam da realidade de apenas recombinar informações existentes (Blikstein, 2008).

Ainda neste segundo encontro, realizamos uma roda de conversa na qual os educandos demonstraram ter interesse em atividades envolvendo investigações e Robótica, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Roda de conversa.



Fonte: Elaborada pela autora.

Algo recorrente nas falas dos estudantes foi o interesse em práticas diferentes das usuais e, ainda, a saída do espaço tradicional da sala de aula, o que tornou, na visão deles, tudo mais interessante. Um dos alunos relatou ter gostado da atividade, pois ajudou a compreender o conteúdo e justificou dizendo: “porque a gente tinha que descobrir como e que fazia para montar um triângulo, um quadrado [...]”. Outro estudante complementa: “e mesmo aí tinha que saber como era o ângulo e aí o nove vezes dez dava noventa graus”.

Em relação ao conteúdo matemático estudado, os alunos mencionaram as formas geométricas, a multiplicação, a soma e os ângulos. O professor da turma complementou lembrando-os dos divisores, assunto trabalhado no início do ano letivo que convergiu com os conteúdos estudados durante os encontros. Os estudantes apontaram os múltiplos e logo surgiu um diálogo relacionando os múltiplos e divisores. O Professor afirmou: “Noventa é nove vezes dez, então nove é divisor de noventa”. Em seguida, o estudante A responde: “E dez também é divisor de noventa”. O estudante B também participa dizendo: “Noventa também é múltiplo de nove”. Logo após, o estudante C complementa: “E de dez” bem como o estudante D que diz: “E de zero também”.

Ao explorar as propriedades e as relações entre pontos, ângulos e figuras bidimensionais envoltos na temática dos polígonos regulares, os alunos desenvolveram habilidades críticas de raciocínio e de resolução de problemas, auxiliando na realização de tarefas práticas do cotidiano desde o simples planejamento de um espaço físico até a criação de desenhos técnicos (Silva, 2024).

Com esse estudo, observamos o significativo engajamento dos estudantes quando a Robótica Educacional foi incorporada às atividades das aulas de Matemática, oferecendo uma abordagem interativa e prática para o aprendizado de diferentes conceitos, até mesmo os mais complexos (Azevedo, 2022; Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2023). A natureza lúdica e desafiadora dessas atividades contribuiu para um ambiente de aprendizado dinâmico onde os educandos se sentiram motivados, entusiasmados, comprometidos e responsáveis pelo seu processo formativo.

6. Considerações finais

Diante da necessidade de reflexão acerca do papel da Robótica Educacional na aprendizagem, este estudo teve por intuito investigar a atuação da Robótica Educacional no

processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Desse modo, articulamos a Robótica Educacional às Investigações Matemáticas a partir de uma atividade intencional sobre construção de algoritmos.

Com essa pesquisa percebemos que, ao vincular a Robótica aos processos educativos, é possível colaborarmos para a formação de cidadãos ativos, críticos e criativos, uma vez que ela pode propiciar um ambiente no qual o aluno se vê questionando fatos que, anteriormente, apenas aceitava ao solucionar um exercício. Assim, um espaço em que a curiosidade e descoberta são elementos indispensáveis pode trazer como consequência estudantes indagadores que exercitem a comunicação e organização de ideias.

Devemos nos atentar, porém, a algumas limitações que perpassam esse cenário e estabelecer um planejamento que vise amenizar imprevistos e vencer os obstáculos. Dentre essas limitações estão os problemas técnicos que podem ocorrer com os robôs, como aconteceu durante esse estudo. Para contornar essa situação, é preciso que o tempo para as atividades seja muito bem dividido, pois, dessa forma, é possível rearranjá-las rapidamente. Ademais, para estudos futuros, torna-se necessário ponderar acerca da quantidade de robôs em relação ao número de alunos, assim como materiais acessíveis e as condições e contextos do trabalho docente. Vale frisar que podem ser explorados outros polígonos tais como outros níveis escolares.

Os resultados sugerem que a Robótica Educacional pode atuar no processo formativo matemático como uma importante ferramenta capaz de potencializá-lo na medida em que pode despertar o interesse dos alunos, tornando-os parte deste processo de construção do conhecimento. Além disso, atividades com a Robótica e as Investigações Matemáticas podem contribuir com a participação ativa dos discentes, transformando a sala de aula em um ambiente interativo, curioso e prazeroso. Tais práticas podem favorecer, dentre outras, habilidades cognitivas e socioemocionais, bem como o Pensamento Computacional que permite promover diferentes processos como a resolução de problemas tão importantes na Matemática e em outras áreas. Dessa forma, torna-se necessário ponderar a respeito da Robótica no âmbito da Educação visando fomentar o processo de aprendizagem como um todo.

Referências

AZEVEDO, Greiton Toledo de. **Processo Formativo em Matemática: Invenções Robóticas para o Parkinson**. 2022. 213 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) — Instituto de

Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, SP, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/236186>. Acesso em: 12 jun. 2023.

AZEVEDO, Greiton Toledo de; MALTEMPI, Marcus Vinicius; POWELL, Arthur Belford. Contexto Formativo de Invenção Robótico-Matemática: Pensamento Computacional e Matemática Crítica. **Bolema: Boletim De Educação Matemática**, v. 36, n. 72, p. 214–238, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>. Acesso em: 24 jul. 2023.

BENAKOUCHE, Tamara. Tecnologia e sociedade: contra a noção de impacto tecnológico. **Cadernos de Pesquisa**, [s.l.], n. 17, 1999. Disponível em: http://www.geocities.ws/ecdemoraes/texto_tamara.pdf. Acesso em: 25 nov. 2023.

BLIKSTEIN, Paulo. O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação, *Education & Courses*, 2008.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.

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

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **A robótica para uso educacional**. São Paulo: Senac Editora, 2019.

CORRADI, Daiana Katiúscia Santos. Investigações Matemáticas. **Revista da Educação Matemática da UFOP**. v.1. p. 162–175. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufop.br/redumat/article/view/2017/1555>. Acesso em: 25 nov. 2023.

COSTA, Josimey. Tecnologia digital: verbete. In: MARCONDES FILHO, Ciro (Org.). **Dicionário de comunicação**. 2. ed. São Paulo: Paulus, 2009.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: da teoria à prática**. 23 ed. Campinas: Papyrus Editora, 2013.

DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. **Fundamentos da matemática elementar 9: Geometria plana**. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.

GADANIDIS, George; JAVARONI, Sueli Liberatti; SANTOS, Silvana Cláudia dos; SILVA, Eliel Constantino da. Computing in Mathematics Education: Past, Present, and Future. In: DANESI, Marcel. (Ed.). **Handbook of Cognitive Mathematics**. Cham: Springer, 2022, v. 2-2, Capítulo 27, p. 805–842. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03945-4_35. Acesso em: 23 jul. 2024.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. 10. ed. Rio de Janeiro: Record, 2007.

GUIRAZE, João Armando; SINGO, Felisberto Félix; CHIN, Marcio de Rosario. Pensamento computacional para a formação do profissional do futuro. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2023. Disponível em: <http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1363>. Acesso em: 19 jun. 2024.

LÉVY, Pierre. **Tecnologias da Inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação**: Abordagens Qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MARTINS, Danielle Juliana Silva; OLIVEIRA, Fábio Cristiano Souza. Pensamento computacional para crianças por meio do projeto de extensão academia hacktown. **Caderno Cedex**, v. 43, n. 120, p.33–44, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/CC271373>. Acesso em: 05 jul. 2023.

NAVARRO, Eloisa Rosotti; SOUSA, Maria do Carmo de. **Qual o conceito de pensamento computacional para a Educação Matemática?** São Paulo: Editora Dialética, 2023.

PAPERT, Seymour. **A máquina das Crianças**: repensando a escola na era informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008. Publicado originalmente sob o título de: **The children 's machine**: rethinking school in the age of the computer. New York: Basic Book, 1993.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms-Children, Computers and Powerful Ideas**. New York: Basic Books, Inc., 1980.

PEREIRA, Jéssica Maria; OLIVEIRA, Ruana Mikele Santos; ANDRADE, Samara Cardoso Faria; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; SANTOS, Silvana Claudia; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Robotics as a Possibility for Exploring Laterality in Early Childhood Education. *In*: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, **Anais [...]**, Canada: IEEE, pp. 678–682, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332990>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PONTE, João Pedro da; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações Matemáticas na Sala de Aula**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

PONTE, João Pedro da; OLIVEIRA, Hélia; BRUNHEIRA, Lina; VARANDAS, José Manuel; FERREIRA, Catarina. O trabalho do professor numa aula de investigação matemática. **Quadrante**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 41–70, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.48489/quadrante.22709>. Acesso em: 13 jan. 2023

PONTE, João Pedro da; QUARESMA, Marisa; MATA-PEREIRA, Joana; BAPTISTA, Mónica. Exercícios, problemas e explorações: Perspectivas de professoras num estudo de aula. **Quadrante**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 111–134, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.48489/quadrante.22920>. Acesso em: 18 jan. 2023

RODRIGUES, Cátia; PONTE, João Pedro da; MENEZES, Luís. Práticas discursivas de professores de Matemática na condução de discussões coletivas. **Quadrante**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 24–46, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.48489/quadrante.22575>. Acesso em: 19 jan.2023.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Uso da Robótica Educacional no processo de aprendizagem

da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, **Anais [...]**, Brasília, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/248..> Acesso em: 24 mar. 2025.

SANTOS, Daniel Tebaldi; SANTOS, Silvana Cláudia dos; JAVARONI, Sueli Liberatti. O conceito de tecnologia e seres-humanos-com-mídias: aspectos epistemológicos da cibernética e educação matemática. In: BORBA, Marcelo de Carvalho; XAVIER, José Fábio; SCHUNEMANN, Tiele Aquino. (Org.). **Educação Matemática**: múltiplas visões sobre tecnologias digitais. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023, v. 1, Capítulo 2, p. 23–38.

SILVA, Rauanny Camila de Carvalho. **A inserção da arte na educação matemática**: utilização das obras de Escher para ensinar geometria espacial. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) — Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/55875>. Acesso em: 25 maio 2024.

VIEIRA-PINTO, Álvaro. Capítulo IV: Tecnologia. In.: VIEIRA-PINTO, Álvaro. **O conceito de tecnologia**, Rio de Janeiro: Contraponto, v. 01, p. 219–355, 2005.

WING, Jeannette M. Computational thinking: the beginning. **Communications of the ACM**, v. 24, n. 3, p. 33–35, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>. Acesso em: 25 nov. 2023.

WING, Jeannette M. Research Notebook: Computational Thinking: what and why. **TheLink**, V. 6, p. 20–23, 2011. Disponível em: <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2023.

ARTIGO III - UMA EXPERIÊNCIA COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO FORMATIVO DE ALUNOS DOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Resumo: Este artigo tem a finalidade de compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da Inteligência Artificial, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. A produção dos dados ocorreu em dois encontros na Escola Estadual Raul de Leoni com 10 alunos do sétimo ano do ensino fundamental. Para análise dos dados, os instrumentos utilizados foram: vídeos, fotografias e o caderno de campo da pesquisadora. Uma roda de conversa foi promovida ao final do segundo encontro com o intuito de obter um *feedback* da turma e de aprofundar o que foi discutido ao longo dos encontros. Os dados foram produzidos e analisados sob uma perspectiva qualitativa. Durante o segundo encontro, que é o foco principal deste artigo, realizamos um jogo intitulado de enigmamático a partir de um sistema da Inteligência Artificial (IA) que reconhece expressões faciais. A partir da análise dos dados compreendemos que, ao interagir com os alunos, o robô proporciona um ambiente dinâmico e descontraído. Além disso, torna-se preciso se atentar a alguns aspectos durante tais práticas como a aceitabilidade e a distância do robô em relação aos estudantes, primando pela segurança dos educandos. Contudo, concluímos que tanto a IA quanto a Robótica podem potencializar os processos educacionais uma vez que se apresentam como uma ferramenta capaz de tornar o processo formativo dinâmico e significativo, permitindo que a partir da interação aluno-robô se desenvolvam habilidades cognitivas e socioemocionais.

Palavras-chave: Robótica Educacional. Investigações Matemáticas. Tecnologias Digitais. Educação Matemática. Interação Aluno-robô.

1. Introdução

As diversas mudanças provenientes dos eventos e das demandas da sociedade contemporânea culminaram em uma marcante presença das tecnologias digitais no cotidiano e, conseqüentemente, na vida dos estudantes (Gadanidis *et al.*, 2022; Santos; Santos; Javaroni, 2023). Em vista disso, não podemos ignorar que as crianças aprendem de uma maneira diferente das quais os seus pais ou avós estavam habituados. O espaço do saber não é mais restrito à escola, já que houve uma mudança significativa na forma como o conhecimento é construído e disseminado na sociedade. Qualquer pessoa com acesso à *internet*, e com apenas um clique, tem à sua disposição uma gama de informações. Nesse contexto, o contínuo contato com dispositivos móveis torna essas informações acessíveis e transmissíveis o tempo todo em todos os lugares (Serres, 2013).

Embora presente no nosso cotidiano, tecnologias como os celulares ainda possuem tímida participação pedagógica nas escolas, despertando inclusive, receio por parte de alguns

profissionais em utilizá-las em uma perspectiva didática (Borba; Canedo-Junior; Carvalho, 2022). Dentre os argumentos que se apresentam, temos a falta de infraestrutura e materiais adequados, ausência de acesso à *internet* de alta qualidade, assim como uma carência por formação continuada dos docentes para utilização das tecnologias digitais no contexto escolar. Todavia, cabe salientar que:

[...] modernizar a ação pedagógica envolve mais do que criar disciplinas, introduzir calculadoras ou computadores no ensino, ou preparar atividades didáticas a serem desenvolvidas em sala de aula. Sobretudo, é preciso trabalhar com a consciência das implicações que o avanço tecnológico tem sobre a sociedade e, em nosso caso, sobre a sociedade brasileira: no mundo do trabalho, na família, na estrutura social, na escola (Santos; Santos; Javaroni, 2023, p. 24).

Consideramos necessário, portanto, incorporar as tecnologias digitais no âmbito Educacional de forma consciente, não como meros complementos, mas como algo que pode contribuir para o engajamento dos discentes, promovendo uma postura curiosa e questionadora. Afinal, as tecnologias digitais podem oportunizar um ambiente em que esse processo de aprendizagem aconteça de forma contínua e colaborativa (Sibila, 2012).

Dentre as diversas tecnologias digitais, a Robótica Educacional se apresenta como uma ferramenta que pode potencializar a construção do conhecimento, tornando o momento inovador e prazeroso, com capacidade para estimular habilidades como comunicação, colaboração, organização e criatividade (Gadanidis *et al.*, 2022; Romulo; Faria; Brandão, 2024). Campos (2019) acentua a importância de uma proposta pedagógica aliada ao currículo escolar, visto que a Robótica não pode atuar de maneira direta no processo de aprendizagem. Sendo assim, o sucesso das práticas não acontece pelo mero acesso à Robótica na Educação, mas pelo ambiente de aprendizado, planejamento e a ação mediadora do docente, tendo em vista a emancipação do aluno como sujeito ativo no seu processo formativo. O autor acrescenta que, além de permitir a participação ativa do estudante na construção do conhecimento, a Robótica Educacional contribui para aprendizagem significativa e motivadora, fortalecendo a autonomia dos alunos tal qual o desenvolvimento de competências de acordo com as demandas do século XXI (Calvo, 2016).

De igual modo, destacam-se os sistemas de Inteligência Artificial (IA) que vem demonstrando aplicações eficientes para impulsionar a Educação (Romulo *et al.*, 2023). Em geral, tais aplicações são constituídas pelo uso de sistemas tutores inteligentes, ferramentas de gestão e análise de dados, *chatbots*, entre outros (Mattos; Kalinke, 2024). Além disso, ao integrar a IA à Robótica dispomos de uma ferramenta promissora para com os processos

educacionais, uma vez que resulta em robôs capazes de interagirem com a turma, proporcionando múltiplas experiências no espaço escolar que influenciam positivamente no cotidiano acadêmico e pessoal.

No âmbito educacional, os robôs promovem um ambiente em que a curiosidade é instigada a todo o momento, contribuindo para a construção de um espaço agradável e envolvente que leva à diminuição da repulsa e estranheza por parte dos alunos em relação à sala de aula. A Robótica pode colaborar com a construção de uma boa relação com o ambiente escolar desde a infância, levando as crianças a nutrir o interesse pelas atividades escolares e ajudando a introduzir noções de lógica e de programação (Pereira *et al.*, 2023).

Dentre os tipos de robôs que podemos usar no contexto escolar, destacamos os chamados de robôs sociais¹⁸ que podem ser empregados para ajudar no desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais (Romulo *et al.*, 2023). Em particular, um robô que reconhece e interpreta expressões faciais é capaz de emitir um *feedback* para o professor em relação ao conteúdo abordado e, ainda, permite realizar atividades que exercitam a percepção dos alunos em relação às suas expressões frente às emoções, fazendo com que os processos de ensino e de aprendizagem ocorram de forma crítica e consciente. Além disso, um robô com essas características potencializa a interação como o aluno permitindo um desempenho superior e avanços no desenvolvimento das atividades.

Nesse contexto, este artigo busca compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da IA, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Entendemos que, apesar dos desafios que emergem com o desenvolvimento dos aparatos tecnológicos digitais, não podemos deixar de ponderar práticas que vinculam tais aparatos como a IA e a Robótica no âmbito educacional, uma vez que estes estão presentes no cotidiano dos estudantes e também de forma expressiva no mercado profissional.

2. Robótica Educacional e Inteligência Artificial no processo formativo dos alunos

Embora a definição do termo esteja em constante transformação, “pode-se dizer que a Robótica é um ramo da tecnologia que engloba mecânica, eletrônica e computação” (Campos, 2019, p. 13). Ela é responsável pelo desenho e a construção dos robôs, trabalhando com sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas, agregando diversos

¹⁸ Consideramos aqui robôs sociais todos os robôs capazes de interagir de alguma forma com humanos de modo a auxiliá-los (Luperto *et al.*, 2023).

conceitos envolvidos no funcionamento dos dispositivos, englobando áreas como cinemática, automação, hidráulica, pneumática e informática (Campos, 2019).

De acordo com Matari'c (2014), a palavra robô anteriormente remetia a servos ou trabalho obrigatório. De fato, robôs realizam tarefas que auxiliam os seres humanos. Entretanto, atualmente, os robôs permeiam nosso cotidiano e são capazes de receber informações e instruções de forma a tomar decisões e a agir para alcançar objetivos previamente definidos, além de adquirir informações com impressionante rapidez.

No cenário educacional, a Robótica se apresenta como uma forma de enaltecer a importância da criticidade no processo formativo, valorizando a construção do conhecimento e mostrando o interesse por encontrar soluções e estabelecer reflexões (Santos, 2020). Nesse contexto, a Robótica Educacional desencadeia oportunidades de trabalhar com conceitos diretamente relacionados à Robótica, como programação, ou às exigências do currículo escolar, como as disciplinas da Educação Básica, ou mesmo à integração desses conceitos com a computação.

Os robôs, em geral, provocam curiosidade e geram entusiasmo nos estudantes ao adentrar nas aulas, o que conseqüentemente pode tornar este momento mais interessante e instigante (Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022). Uma das principais contribuições para a Educação é o ensino interdisciplinar e contextualizado, afinal, “o contexto suspende a mera repetição de conceitos preconizados pelo treino sucessivo de exercícios do tipo: faça isso 10 vezes e depois repita isso mais 4 vezes até decorar todas as regras” (Azevedo; Maltempí; Powell, 2022, p. 234). Nesse sentido, a autonomia dos estudantes pode ser promovida uma vez que eles não ficariam subordinados ao professor e estariam à procura de suas próprias respostas. Miranda e Suanno (2009) destacam que, no contexto escolar, as atividades com Robótica e Matemática podem ser muito ricas. Na experiência que realizaram,

ao se apropriar do instrumento de trabalho, os alunos exteriorizaram seus pensamentos e ideias. A reflexão acerca do que estava sendo visto na aula, mediada pelo professor, fica muito mais fluida. Dessa maneira, todos os alunos puderam analisar o que foi feito, como foi feito, de que forma foi feito e como poderia ser melhorado e/ou corrigido (caso houvesse algum erro na execução do robô). A prática da metacognição foi identificada em várias oportunidades. Percebemos que os próprios alunos se sentiam como sujeitos criativos capazes de desenvolver dispositivos autômatos com as mais diversas funções (Miranda, Suanno, 2009, p.8).

Portanto, o trabalho com a Robótica proporciona aos estudantes autonomia em seu processo formativo, potencializa a aprendizagem uma vez que a relaciona às vivências, além

de buscar “uma formação em Matemática que promova aspectos de insubordinação à pedagogia do treinamento e que, ao mesmo tempo, valorize a produção investigativa e intelectualmente emancipatória do estudante” (Azevedo; Maltempo; Powell, 2022, p. 217).

Assim como a Robótica, a Inteligência Artificial (IA) apresenta-se como uma ferramenta que pode impulsionar a Educação a partir de práticas interdisciplinares uma vez que se trata de uma área que envolve diferentes campos de investigação, propiciando aos alunos a aprendizagem a partir da simulação de diferentes problemas reais, contribuindo na otimização de tarefas e na busca por soluções na resolução de problemas (Mattos; Kalinke, 2024). Vale ressaltar que a IA pode ser entendida como

[...] sistemas de computador projetados para interagir com o mundo através de capacidades (por exemplo, percepção visual e reconhecimento da fala) e comportamentos (por exemplo, avaliar a informação disponível e depois tomar a ação mais sensata para atingir um objetivo declarado) que pensamos como essencialmente humano (Luckin *et al.*, 2016, p. 14, tradução nossa¹⁹).

Nesse sentido, a IA é uma área de pesquisa que busca desenvolver métodos ou dispositivos computacionais que demonstrem inteligência ou simulem a capacidade dos seres humanos de resolver problemas (Campos, 2019).

Embora a interação entre a Robótica e a IA abra um leque de possibilidades para os estudantes, devemos destacar que existem diferenças entre ambas. Uma delas está relacionada à tecnologia subjacente, pois enquanto a IA é baseada em *software* e algoritmos complexos que processam dados para tomar decisões, a Robótica Educacional envolve *hardware* físico (robôs) que interage com o ambiente e, no contexto escolar, com os alunos. Assim, a Robótica Educacional envolve uma interação física com um dispositivo físico, o robô, enquanto a IA, nos ambientes de ensino, não exige uma presença física ou um robô para que haja interação (Luckin *et al.*, 2016).

Na abordagem pedagógica, a IA muitas vezes se concentra na adaptação de conteúdo e na análise de dados para melhorar o desempenho dos alunos, e a Robótica Educacional pode enfatizar o desenvolvimento de habilidades práticas, a resolução de problemas e a programação. Apesar de ambas as áreas terem aplicações amplas, a Robótica Educacional é muitas vezes usada para ensinar programação, automação e mecânica, enquanto a IA é usada

¹⁹ Trecho original: “computer systems that have been designed to interact with the world through capabilities (for example, visual perception and speech recognition) and intelligent behaviours (for example, assessing the available information and then taking the most sensible action to achieve a stated goal) that we would think of as essentially human” (Luckin *et al.*, 2016, p. 14).

em uma variedade de contextos educacionais, incluindo análise de desempenho, tutoria virtual e personalização de conteúdo (Luckin *et al.*, 2016).

Embora distintas, a IA e a Robótica Educacional podem atuar com abordagens complementares no contexto educacional. Vincular sistemas da IA à Robótica Educacional permite unir um instrumento que, ao adentrar no ambiente escolar, pode atrair a atenção dos alunos a uma ferramenta capaz de receber informações e realizar movimentos inteligentes previamente programados. Em outras palavras, temos os robôs como um instrumento promissor no âmbito educacional juntamente com os sistemas da IA que propiciam uma aprendizagem personalizada em que é possível definir o nível da prática, respeitando a individualidade de cada aluno (Campos, 2019; Luckin *et al.*, 2016; Mattos; Kalinke, 2024; Romulo *et al.*, 2023). Desse modo, tanto a IA quanto a Robótica Educacional podem promover um espaço de aprendizagem significativa no qual o estudante pode ampliar as possibilidades de aprimorar sua criatividade e dinamicidade na construção do conhecimento.

3. Interação aluno-robô

No contexto da Robótica Educacional, trabalhos ligados à Robótica Social vêm ganhando força. Como argumentado, a Robótica Social relaciona-se à capacidade de robôs interagirem socialmente com pessoas. Sendo assim, a Robótica Social Educacional está atrelada à interação social dos robôs com os alunos no contexto escolar, permitindo dinamicidade nas tarefas, bem como possibilidades de trabalhos interdisciplinares (Matari’c, 2014).

Os estudos no que diz respeito à interação aluno-robô tem apresentado rápido crescimento. Entretanto, há alguns desafios a serem superados como: garantir que os robôs sejam acessíveis e inclusivos atendendo às necessidades dos discentes; compreender questões éticas envolvidas no processo, de modo a garantir o bem-estar dos estudantes; encontrar mecanismos para tratar um volume grande de dados, uma vez que existem pesquisas de longo prazo; e promover a aceitação dos robôs pelos alunos (Pereira *et al.*, 2023; Romulo *et al.*, 2023).

A aceitação de um novo sistema tecnológico não é algo simples, mas torna-se fundamental para o êxito na implementação de práticas com os robôs. No caso de um robô social é necessário se atentar aos aspectos relacionados à utilidade, ao aumento da eficiência do trabalho e à facilitação da vida diária das pessoas por meio das características funcionais

do sistema tecnológico. Logo, precisa-se combinar a funcionalidade e a atratividade dos robôs sociais, tornando-os eficientes e confiáveis de modo a evitar sentimentos de incertezas, inseguranças, ansiedades ou constrangimentos (Chatzoglou *et al.*, 2023).

Ao se trabalhar com robôs no âmbito educacional, uma das principais preocupações é a segurança dos estudantes. É necessário garantir que os robôs estejam a uma distância segura dos alunos e se aproxime apenas se não causar nenhum desconforto para este discente. A velocidade de locomoção destes robôs também é algo a considerar a fim de que ele não coloque a turma em risco durante a realização das atividades (Pereira *et al.*, 2023). Tendo ciência destes importantes detalhes e cuidando para que os alunos sejam respeitados, é possível estabelecer uma interação saudável, divertida e enriquecedora.

Gadanidis *et al.* (2022) destacam tal interação como uma ferramenta importante para superar as limitações de comunicação, uma vez que os estudantes verbalizam seus conhecimentos e desenvolvem habilidades de argumentação e de organização dos pensamentos. Os autores salientam também a autonomia dos estudantes que emergem a partir de práticas que estimulam o trabalho colaborativo e a aprendizagem significativa. Portanto, a interação aluno-robô pode auxiliar no desenvolvimento de competências sociais, emocionais e cognitivas, contribuindo com a vida pessoal e escolar dos alunos (Pereira *et al.*, 2023; Romulo *et al.*, 2023).

Para que tais práticas ocorram com êxito, é necessário proporcionar momentos de experimentação e exploração nos quais o discente se sinta desafiado, motivado e até mesmo incomodado, visto que, na busca por respostas e soluções corretas, o estudante tem a oportunidade de solidificar seu conhecimento. Nesse sentido, argumentamos que precisamos de práticas nas quais os estudantes busquem por soluções ao mesmo tempo em que compreendam seus erros e aprendam com eles, fundamentando-se em abordagens que lhes permitam atuar de maneira ativa, como pode ocorrer no contexto das Investigações Matemáticas (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022; Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009; Romulo; Faria; Brandão, 2024).

4. Investigações Matemáticas

As Investigações Matemáticas não devem ser um campo restrito aos matemáticos, visto que, desde a infância, realizamos investigações ao questionarmos o porquê e como as coisas acontecem. Em outras palavras, “o ato de investigar está presente quando trabalhamos

com questões que interpelam, sejam elas pouco ou muito sofisticadas” (Pereira *et al.*, 2024, p. 1). Dessa forma, as Investigações Matemáticas se mostram um aparato eficiente para a construção do conhecimento matemático, aproximando o aluno de temas abstratos a partir da curiosidade e do desafio.

No processo formativo, o conceito de Investigação Matemática impulsiona o fazer matemático em que o estudante atua como sujeito ativo, explora soluções e descobre a origem de diferentes fórmulas, indo além de resolver exercícios seguindo exemplos previamente expostos pelo professor (Pereira *et al.*, 2024; Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009). Instigado pela curiosidade, o processo de solidificação dos conhecimentos no aluno é facilitado, uma vez que se compreende o porquê de um conceito antes considerado complexo pelo aluno. Além disso, é o estudante quem decide o caminho a ser traçado, bem como a sequência do processo investigativo.

Distanciando da fragmentação da aprendizagem, do simples ato de repetir o que reproduzem, aqui, prezamos pela criatividade, pelo desenvolvimento de algo novo, pela exploração e pelo tempo necessário para que o estudante possa pensar livremente (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022). Caminhando em sintonia com o rompimento da pedagogia do treinamento, o processo investigativo prima pelo pensamento crítico e pela autonomia do aluno a fim de que ele acesse seus conhecimentos prévios de modo a decidir como resolver determinado problema, despertando a curiosidade ao mesmo tempo em que o interesse se torna fortalecido mediante a sensação de ser desafiado.

De acordo com Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), na perspectiva das Investigações Matemáticas, o educando é o protagonista e a aula propicia momentos de formular hipóteses, testar estratégias, analisar, justificar, comparar e discutir a respeito dos resultados encontrados. Portanto, aliados à IA e à Robótica Educacional, as práticas podem contribuir tanto para o desenvolvimento de um posicionamento crítico frente a algo que considera relevante quanto para compreensão dos conceitos matemáticos e da computação.

Diante disso, entendemos que alinhar essas temáticas que se apresentam enriquecedoras para com o cenário da Educação pode viabilizar um espaço propício para desenvolver diferentes práticas que tornem o processo formativo em Matemática significativo e dinâmico. Logo, é possível proporcionar um ambiente de aprendizado descontraído, no qual os alunos se divertem ao aprender e ensinar, abrangendo as diferentes inovações tecnológicas digitais.

5. Metodologia

Em geral, os dados qualitativos visam salientar importantes detalhes de um fenômeno resultante de uma problemática. Para isso, tais dados consideram a complexidade do processo de modo que todo o desenvolvimento é tão importante quanto os resultados finais. Assim, a pesquisa qualitativa busca compreender o fenômeno na sua totalidade de modo que o pesquisador tenha ciência da importância das individualidades e subjetividades envolvidas no percurso (Bogdan; Biklen, 1994). Na abordagem qualitativa

[...] há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave (Prodanov; Freitas, 2013, p. 70).

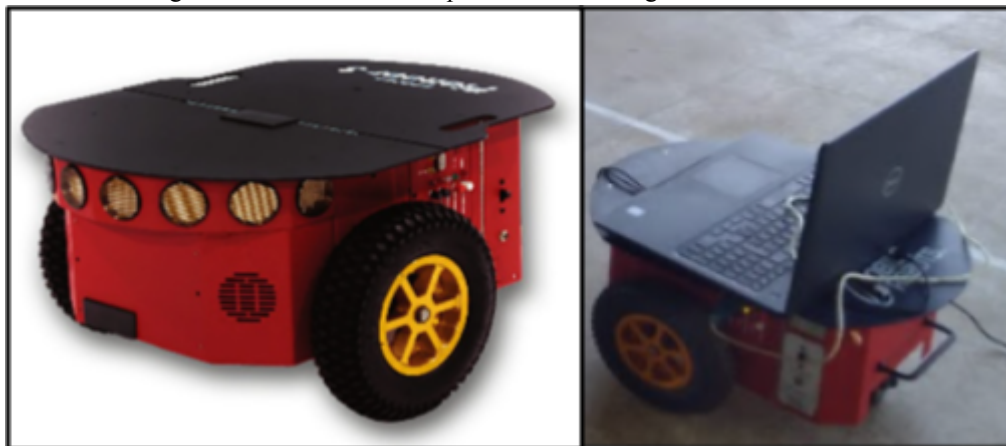
Nesse sentido, a pesquisa realizada se enquadra no paradigma qualitativo, tendo em vista seu objetivo de compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da IA, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Assim, há um interesse na concepção de diferentes percepções e semelhanças nos aspectos das múltiplas experiências durante o processo (Bogdan; Biklen, 1994). Desse modo, buscamos respostas à problemática supracitada, ressaltando importantes características que emergem durante o desenvolvimento.

Fundamentados nessa perspectiva, a produção dos dados ocorreu na Escola Estadual Raul de Leoni, no município de Viçosa-MG. Os sujeitos da pesquisa foram alunos de uma turma do sétimo ano do ensino fundamental. A produção dos dados ocorreu em dois encontros de uma hora e quarenta minutos cada, em duas etapas: a primeira envolvendo a investigação de polígonos regulares explorando um Robô Esteira e a segunda por meio da exploração dos conhecimentos a respeito dos polígonos regulares com auxílio da IA. Dos quatorze alunos matriculados na turma, dez alunos se encontravam presentes nos dias dos encontros.

Dentre as atividades realizadas, neste artigo, discutimos mais especificamente os dados produzidos no segundo encontro em que buscamos solidificar os conhecimentos construídos no encontro anterior, trabalhando um jogo que intitulamos de Enigmatemático. O jogo consiste em responder verdadeiro ou falso apenas usando as expressões faciais. Em caso de verdadeiro, o estudante produz uma expressão positiva, feliz ou alegre. Em caso de falso,

ele apresenta uma expressão negativa, triste ou de raiva. Em caso de não saber a resposta, o estudante exibe uma expressão neutra. Para identificar e reconhecer as expressões faciais, utilizamos um robô que nomeamos de *Math*, como exibe a Figura 1.

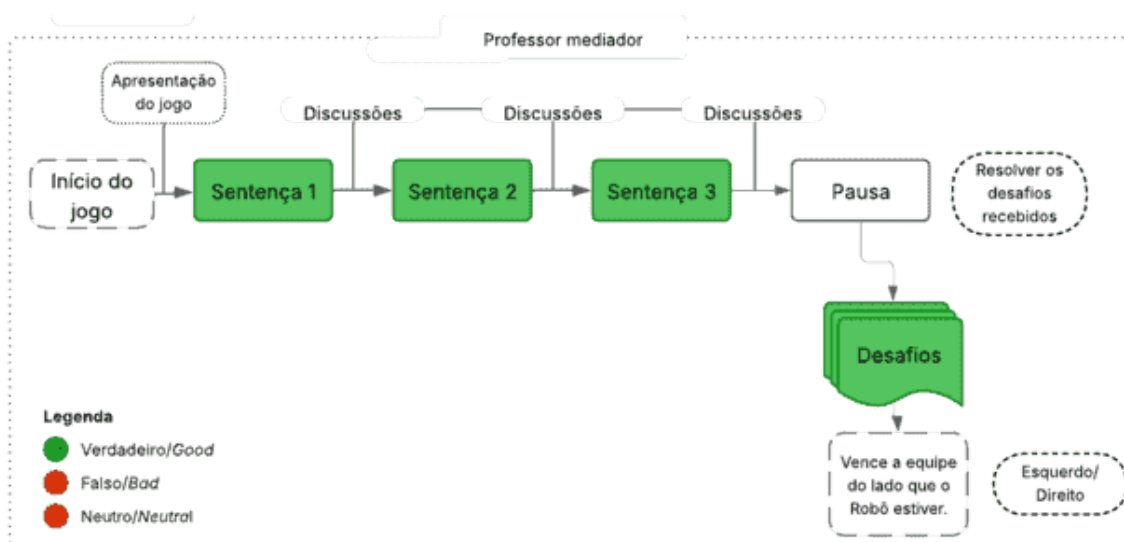
Figura 1 - Robô *Math*: robô *pioneer 3-DX* integrado a um *notebook*.



Fonte: Elaborada pela autora.

O Robô *Math* foi estruturado a partir de um Robô *Pioneer* integrado a um *notebook*. Embora o *Pioneer* seja um robô desenvolvido na década de 1990, ainda é muito usado em trabalhos de mapeamento, navegação autônoma, percepção e interação com o ambiente devido sua ampla possibilidade de adição de dispositivos de entrada e saída como, no nosso caso, a câmera do *notebook*. Além da câmera, o *notebook* foi usado para acessar um sistema de IA cujo modelo identificava e reconhecia as expressões faciais da câmera e retornava para o robô a orientação na qual estava a expressão positiva e informava a distância que deveria se aproximar. Dessa forma, o Robô *Math* se aproximava do aluno que apresentava uma expressão positiva e, ainda, daquele que mantinha essa expressão por mais tempo. Logo, responder primeiro e manter a expressão também eram importantes. O Fluxograma 1 exibe a estrutura do jogo.

Fluxograma 1 - Estrutura da proposta do Jogo Enigmatemático.

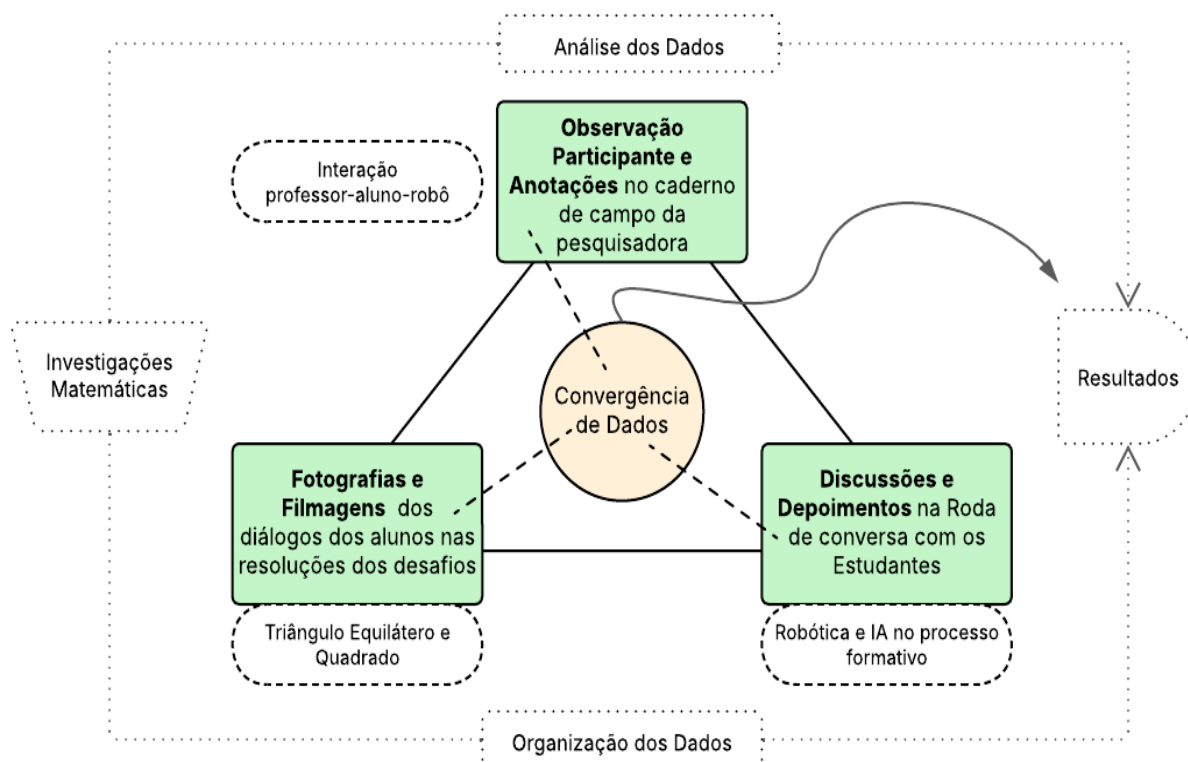


Fonte: Elaborado pelos autores.

O Robô *Pioneer* pertence ao Núcleo de Especialização em Robótica (NERO) que, juntamente com o Grupo de Atenção às Tecnologias na Educação (GATE), realiza estudos a respeito da Robótica Educacional. Ambos são grupos vinculados à Universidade Federal de Viçosa (UFV) dos quais a pesquisadora participa ativamente. Dessa maneira, o robô também representa um aparato de baixo custo para a pesquisa. Ressaltamos, ainda, que o modelo de IA utilizado foi desenvolvido por Lucas Pereira Boscatti, um dos membros do NERO, como fruto do seu Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica (Boscatti, 2024).

Para análise dos dados utilizamos gravações em áudio e vídeo, fotografias, caderno de campo da pesquisadora e argumentações dos alunos registradas em uma roda de conversa ao final do encontro. A triangulação dos dados fundamentou-se nas Investigações Matemáticas segundo Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), como indica o Fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Triangulação dos dados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale ressaltar que precede a produção dos dados a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa²⁰.

6. Resultados e discussões

Inicialmente, para que os alunos compreendam a dinâmica do jogo, foi realizada uma sequência de três sentenças sobre as quais eles teriam um minuto para pensar se eram verdadeiras ou falsas e responder mediante a expressão facial correspondente. Assim, a cada sentença, convidamos uma dupla de estudantes, já que a turma estava dividida em duas grandes equipes. Então, após a pesquisadora realizar a leitura da sentença eles deveriam responder de imediato. Dessa forma, a interação aluno-robô acontecia mediante a aproximação do Robô após a identificação assim como o reconhecimento da expressão facial positiva que se manteve mais tempo. Para cada sentença havia uma dupla diferente de alunos. Na Figura 2 podemos visualizar as três sentenças iniciais.

²⁰ Pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CAAE: 75881223.5.0000.5153).

Figura 2 - Sentenças iniciais do Jogo Enigmatemático.

- ❖ Nem todo triângulo é equilátero.
- ❖ Os ângulos internos de todo quadrado são iguais e sua medida é de 90° .
- ❖ No triângulo equilátero todos os ângulos internos são iguais e medem 60° .

Fonte: Elaborada pela autora.

Após responder cada uma das sentenças havia um momento de discussão para ponderarmos a respeito do “chute”, assim como extrapolar a resposta objetiva V ou F a partir de justificativas e argumentações. Objetivamos, com tal dinâmica, lembrar e solidificar conceitos importantes trabalhados no encontro anterior de modo que a turma conseguisse, de maneira espontânea, apontar o que havia compreendido. Com a primeira afirmação, exploramos outros tipos de triângulos e também relembramos a condição para que seja equilátero. Na segunda afirmação mencionamos o termo ângulo reto, comparamos diferentes quadrados e retomamos sua aplicação na sala de aula. Por fim, na terceira afirmação, após a dinâmica, lembramos detalhes da construção geométrica feita no encontro anterior, destacando as propriedades de um triângulo equilátero (Dolce; Pompeo, 2013).

Romulo *et al.* (2023) apresenta alguns resultados satisfatórios no que diz respeito à interação aluno-robô. Em especial, destacamos o desenvolvimento de habilidades socioemocionais que podem ser trabalhadas indiretamente como na nossa pesquisa. Tais experiências permitem que os conhecimentos produzidos no ambiente escolar ultrapassem as paredes da escola e passem a fazer parte da sociedade, contribuindo para a formação cidadã crítico-reflexiva e consciente (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022).

Ao inserir a Robótica no contexto da Educação não estamos interessados no mero manuseio dos robôs, mas sim que estes sejam artefatos cognitivos que permitam que os discentes explorem e expressem suas ideias a partir dele (Romulo; Faria; Brandão, 2024; Santos, 2020). Esperamos que, por meio da interação aluno-robô, o espaço de aprendizagem se transforme em um ambiente propício para o desenvolvimento de aparatos tecnológicos e conhecimentos científicos, evidenciando a criatividade dos alunos.

Assim que iniciamos o jogo, na primeira sentença, no instante que o Robô *Math* se aproximou do estudante com a expressão positiva, houve uma reação de surpresa e empolgação por parte dos alunos. A turma ficou bastante interessada em compreender o que foi lido e em desvendar a resposta a partir da expressão facial do colega, o que tornou esse momento ainda mais satisfatório. Além disso, o ambiente competitivo proporcionado pelo

jogo despertou a atenção dos participantes e reforçou o cuidado para com as respostas, fazendo com que os discentes acessassem o conhecimento anteriormente construído. Na Figura 3, podemos observar algumas das interações com o Robô *Math* durante o jogo.

Figura 3 - Momentos de Interação aluno-robô.



Fonte: Elaborada pela autora.

Cabe destacar, como sugerem as imagens, que havia uma distância segura entre os alunos e o Robô *Math*. Atentando-se aos aspectos relacionados à segurança, cuidamos para que a velocidade do robô estivesse adequada ao espaço educacional e que não assustasse ou colocasse em risco o bem-estar dos discentes ou mesmo devagar demais que dificultasse a visualização durante o desenvolvimento do jogo. Garantir a segurança e bem-estar na interação aluno-robô torna-se crucial para o desempenho de práticas na Educação. Respeitando os limites físicos e emocionais dos estudantes, combinamos funcionalidade com atratividade e diminuimos sentimento de insegurança, desconfiança, dentre outros relacionados ao constrangimento (Chatzoglou *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2023).

Ao introduzir sistemas da IA no âmbito educacional torna-se necessário uma postura crítica frente a essas inovações, tendo ciência dos desafios emergentes de tais práticas (Luckin *et al.*, 2016). A presença do educador como mediador dessas atividades deve propiciar um ambiente seguro e confortável para os estudantes, visto que ele pode intervir considerando as individualidades, assegurando a privacidade do mesmo, podendo tornar a IA uma ferramenta promissora no cenário atual da Educação. De acordo com Mattos e Kalinke (2024, p. 2), “o uso de sistemas computacionais que utilizam IA, assim como outras TD, possibilita a reorganização da atividade humana nos processos de resolução de problemas, inclusive àqueles relacionados aos processos educacionais de Matemática”.

O sistema da IA foi elaborado a fim de que as expressões faciais fossem classificadas de acordo com três grupos: *good*, abrangendo emoções como *happiness* e *surprise*; *bad*,

incluindo emoções como *anger*, *fear*, *sadness* e *disgust*; e *neutral*, representando a emoção neutra (Boscatti *et al.*, 2024). A Figura 4 apresenta essa classificação conforme aparece na tela do notebook, a partir das informações emitidas pela câmera do mesmo.

Figura 4 - Classificação das expressões faciais.



Fonte: Elaborada pela autora.

Agora, conhecendo a dinâmica do jogo, as equipes receberam quatro desafios e tiveram um tempo para pensar a respeito deles para, posteriormente, decidir entre verdadeiro ou falso. Partiu dos alunos a iniciativa de dividir a equipe em grupos menores e cada grupo trabalhar em um desafio. Eles também solicitaram que cada equipe ficasse em espaços separados para possibilitar discussões entre os grupos, como sugere a Figura 5.

Figura 5 - Equipes investigando os desafios.



Fonte: Elaborada pela autora.

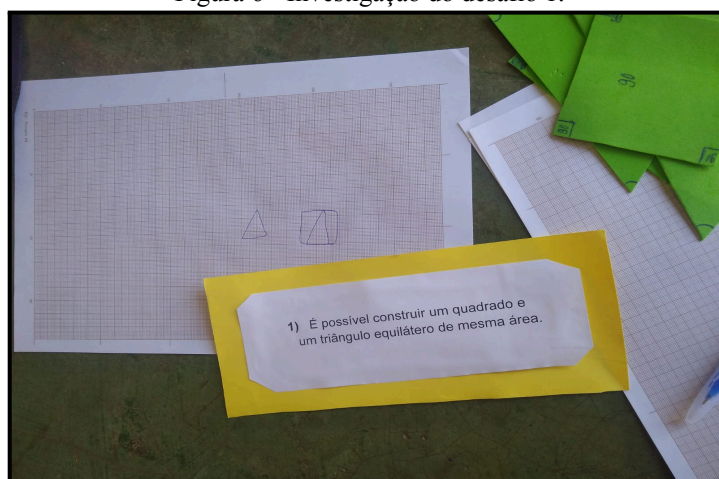
Como podemos observar pelas imagens, foi disponibilizado aos estudantes materiais concretos como: palitos, papel quadriculado, canetas, régua, transferidores, quadrados e triângulos equiláteros em folha de EVA (os mesmos materiais utilizados no encontro anterior). O envolvimento dos alunos e o trabalho em grupo foram destaques e em momento algum eles

cogitaram resolver sozinhos a tarefa proposta, evidenciando que práticas em conjunto podem fortalecer o aprendizado, tornar os momentos de construção de conhecimento envolventes e também desenvolver diferentes habilidades como a comunicação (Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022).

Em geral, as Investigações Matemáticas oferecem um ambiente propício para as discussões, já que elas se tornam “fundamental para que os alunos, por um lado, ganhem um entendimento mais rico do que significa investigar e, por outro, desenvolvam a capacidade de comunicar matematicamente e de refletir sobre o seu trabalho e o seu poder de argumentação” (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009, p. 41). Ademais, as novas ideias e soluções criativas emergem do entrelaçamento de ideias, do desprendimento de ideias tidas anteriormente como fixas, acabadas ou inalteráveis.

O primeiro desafio consiste em descobrir se a seguinte sentença é verdadeira ou falsa: “É possível construir um quadrado e um triângulo equilátero de mesma área”. Esse desafio requer uma explicação contundente em relação a sua solução. Geometricamente, os alunos buscaram construir um quadrado manipulando o triângulo recebido. Também realizaram desenhos no papel quadriculado, mas sem grandes avanços. Entre eles ouvíamos respostas afirmativas dizendo que era necessário cortar o triângulo e fazer um quadrado ou o contrário. Ou, ainda, que era preciso desenhar tais figuras uma dentro da outra que ocupariam a mesma área. Embora não tenham dado uma resposta formalmente Matemática, percebemos que o objetivo da análise da sentença, que consistia na exploração do problema de forma colaborativa, foi alcançado. Na Figura 6, podemos visualizar alguns desenhos que um grupo se arriscou a fazer. No outro grupo houve apenas algumas discussões, mas não houve tentativa de expressar suas ideias no papel.

Figura 6 - Investigação do desafio 1.



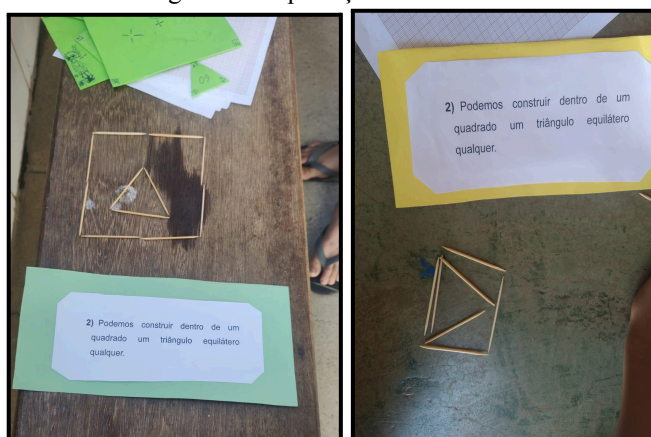
Fonte: Elaborada pela autora.

Momentos como este, no qual os alunos não detêm de ferramentas suficientes para resolver o problema matematicamente, revelam que a Matemática pode ser construída e que os estudantes são capazes de elaborar diferentes conceitos a partir das investigações. Nessa parte de atividade, os alunos não se lembravam como calcular e comparar as áreas de um quadrado e de um triângulo, mas, ainda assim, foram aproximados ao fazer matemático, despertando interesse pela disciplina e, conseqüentemente, distanciando-o da visão de que a Matemática é incompreensível (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009).

As trocas entre os grupos se mostram significativas para o processo formativo dos alunos, uma vez que elas influenciaram o processo de aprendizagem. “O indivíduo constrói e produz o conhecimento por meio da interação com o ambiente em que ele vive. Esse sujeito que aprende, pensa, mesmo sem ser 'ensinado' está em constante atividade na interação com o ambiente que lhe é propiciado” (Santos, 2020, p. 25). Dessa forma, os recursos tecnológicos digitais juntamente com práticas de cunho exploratório podem impulsionar o processo formativo (Romulo; Faria; Brandão, 2024).

O segundo desafio estava relacionado à seguinte sentença: “Podemos construir dentro de um quadrado um triângulo equilátero”, como expõe a Figura 7. O intuito desse desafio é que os alunos relembrem e compreendam o que são um quadrado e um triângulo equilátero, descobrindo, por meio de investigações, que existem inúmeras possibilidades para tal construção.

Figura 7 - Exploração do desafio 2.



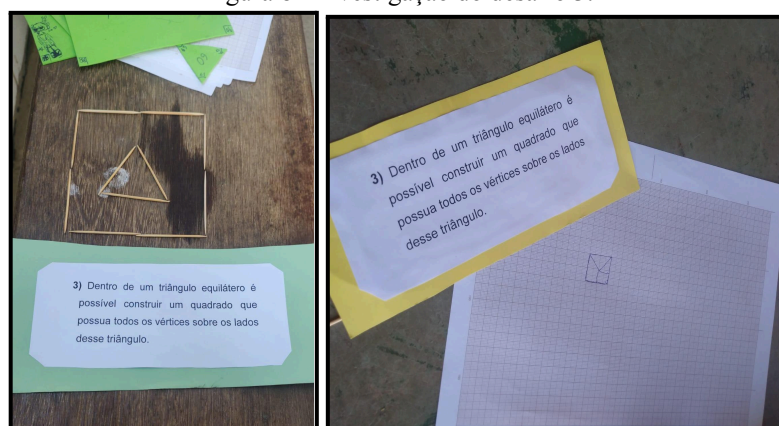
Fonte: Elaborada pela autora.

Ambas as equipes resolveram o desafio com o auxílio de palitos, o que reforça o quanto os materiais concretos podem auxiliar na construção do conhecimento e que são uma

opção dos estudantes ao solucionarem problemas. O uso de materiais concretos proporciona um ambiente inclusivo e interativo, pois, ao manipulá-los, os alunos podem desenvolver e testar suas hipóteses (Campos, 2019).

No terceiro desafio propomos a seguinte sentença: “Dentro de um triângulo equilátero é possível construir um quadrado que possua todos os seus vértices sobre os lados desse triângulo”. Esse desafio apresenta alguns elementos do polígono como: vértices e lados. Objetivamos, ao propor essa investigação, que os alunos explorassem esses diferentes conceitos a respeito dos polígonos regulares, aproveitando para introduzir noções intuitivas de quadrado inscrito no triângulo equilátero. A Figura 8 apresenta o raciocínio exposto pelos alunos.

Figura 8 - Investigação do desafio 3.



Fonte: Elaborada pela autora.

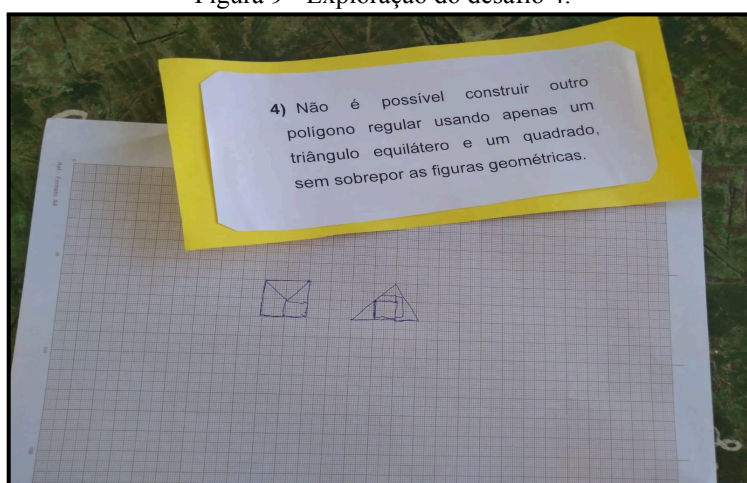
Ambos os grupos tiveram dificuldade em desvendar esse desafio. Houve uma confusão a partir do volume de informações fornecidas, indicando que basta inserir termos matemáticos para que os alunos se sintam inibidos em explorar várias possibilidades de construção, como realizaram no segundo desafio. Precisamos distanciar essa visão da Matemática que deixa os estudantes receosos para que possamos “vislumbrar a criticidade, emancipação intelectual, a invenção científico-tecnológica, autonomia e o protagonismo dos estudantes ao pensar, argumentar e criar matematicamente em sala de aula” (Azevedo; Maltempi; Powell, 2022, p. 215-216).

Ao serem estimulados a resolverem desafios, os estudantes desenvolveram sua criatividade aguçada no decorrer da situação proposta por meio de debates que auxiliaram muito no desenvolvimento desse aprendizado. Portanto, a resolução de problemas é uma habilidade essencial na vida dos discentes, pois a partir dela os alunos desenvolvem a

capacidade de identificar, analisar e encontrar soluções pertinentes (Miranda; Suanno, 2009; Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009; Romulo; Faria; Brandão, 2024).

Por fim, o quarto desafio trata-se da seguinte sentença: “Não é possível construir outro polígono regular usando apenas um triângulo equilátero e um quadrado, sem sobrepor as figuras geométricas”, conforme exhibe a Figura 9. Buscamos, com esse desafio, ponderar a respeito do que foi trabalhado sobre a existência de outros polígonos regulares, sobre a condição para que um polígono seja regular e também sobre como explorar e investigar na Matemática.

Figura 9 - Exploração do desafio 4.



Fonte: Elaborada pela autora.

Novamente houve muitas discussões entre os grupos, porém, apenas uma das equipes arriscou-se em registrar no papel o raciocínio. Foi possível observar que, durante as discussões, a turma relembrou o que foi estudado no encontro anterior. Os alunos debateram entre si sobre os conteúdos matemáticos estudados, o que indica que a Matemática não precisa ser trabalhada somente por meio de exercícios e cálculos, mas também pode ser construída por meio de investigações. É nesse sentido que Ponte, Brocardo e Oliveira (2009, p. 142) argumentam que “a realização de investigações matemáticas, pelo aluno, pode contribuir de modo significativo para a sua aprendizagem da Matemática e para desenvolver o gosto por essa disciplina”.

Com a experiência realizada, podemos ponderar a respeito dos conhecimentos que são desenvolvidos em contextos de atividades investigativas com Robótica Educacional. Em um ambiente propício ao debate, cada estudante procura defender suas ideias servindo-se de argumentos matemáticos. Sendo assim, corroboramos que a Robótica Educacional precisa ser vista para além de uma brincadeira sofisticada (Campos, 2019).

Experiências com a Robótica Educacional podem promover mudanças no processo formativo no que se refere à metodologia, ao diálogo e ao engajamento. Nessas mudanças, professores e alunos podem assumir novos papéis. Ao professor atribuímos o papel de mediador responsável por conduzir essa construção do conhecimento e ao estudante o papel de protagonista que definirá a rota a ser trilhada nessa construção (Gadanidis *et al.*, 2022). Assim, a aprendizagem é dinamizada e ganha novas formas em que os educandos exteriorizam suas ideias e pensamentos, o que contribui para sua emancipação e desenvolvimento da autonomia (Miranda; Suanno, 2009).

Finalizando o encontro, realizamos uma roda de conversa com os estudantes de modo a obter um *feedback* dos alunos em relação às atividades realizadas tanto no primeiro quanto no segundo encontro. Ademais, este momento contribuiu para avaliação dos participantes, das práticas vivenciadas e dos educadores envolvidos (Figura 10).

Figura 10 - Roda de Conversa com os Participantes.



Fonte: Elaborada pela autora.

Iniciamos a conversa dialogando a respeito da Robótica, mas o assunto foi direcionado pelos alunos para a temática da IA, citando formas de assistência virtual como Chat GPT²¹, Alexa²², Siri²³, entre outros. Cabe destacar que não havíamos mencionado a relação da IA com o estudo que estava sendo realizado. Este fato demonstra que, como exposto por pesquisas anteriores, as tecnologias digitais e os recursos tecnológicos atuais já são uma realidade no

²¹ Modelo de linguagem baseado em inteligência artificial desenvolvido pela *OpenAI* capaz de compreender e gerar textos de forma coerente em linguagem natural. Disponível em: <https://openai.com/chatgpt>. Acesso em: 14 dez. 2024.

²² Assistente virtual da *Amazon* que utiliza comandos de voz para interagir com os usuários, executar tarefas, controlar dispositivos inteligentes e fornecer informações diversas. Disponível em: <https://www.amazon.com/alexa>. Acesso em: 14 dez. 2024.

²³ Assistente pessoal inteligente da *Apple*, integrada a seus dispositivos móveis, que responde a comandos de voz, realiza buscas, executa tarefas e interage com aplicativos para facilitar a experiência do usuário. Disponível em: <https://www.apple.com/siri>. Acesso em: 14 dez. 2024.

cotidiano dos nossos alunos (Campos, 2019; Gadanidis *et al.*, 2022; Mattos; Kalinke, 2024; Santos; Santos; Javaroni, 2023).

Aproveitamos que os estudantes mencionaram a IA para explicar o funcionamento do Robô *Math* e revelar que nele havia um sistema da IA integrado. Explicamos que o robô não tinha conhecimento da resposta correta e que ele apenas se aproximava do aluno que estava com uma expressão positiva. Neste momento, houve uma reação de surpresa e espanto por parte dos participantes, algo que não esperávamos, pois imaginávamos que este fato seria percebido por alguns estudantes durante o decorrer do jogo. Cabe destacar que este estudo também procurou verificar a eficácia deste sistema. Além disso, as perguntas foram limitadas e, sendo assim, os alunos não perceberam que todas as respostas eram verdadeiras. Logo, na realidade da sala de aula, há de se ponderar acerca do viés presente nessa interação aluno-robô. Todavia, essa interação torna-se promissora na introdução de ferramentas como a IA no âmbito Educacional. Salientamos aos discentes que esse sistema da IA se tratava também de uma medida de segurança em relação a interação aluno-robô, uma vez que, em um espaço no qual ele interagisse com pessoas, o robô não se aproximaria de quem estivesse com medo ou receio. Dessa forma, em dinâmicas posteriores, evitaremos eventuais constrangimentos ao mesmo tempo em que conseguiremos verificar também a eficiência desse sistema.

Durante a roda de conversa, os estudantes compartilharam que atividades com uso da IA como a prática deste encontro auxiliaram na compreensão dos conteúdos e a mantê-los atentos e envolvidos. Campos (2019) reforça que, ao ser incorporado ao processo formativo e por se tratar de um recurso não habitual na sala de aula, as tecnologias digitais proporcionam um espaço motivador, criativo e científico. Todavia, não deve ser visto como um diferencial e sim como uma ferramenta na construção do conhecimento. Em outras palavras, trata-se de um processo investigativo que vai além de um simples produto final.

7. Considerações finais

Neste artigo, objetivamos compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da IA, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Ao trabalhar a IA integrada à Robótica Educacional ampliamos as possibilidades no cenário da Educação, enriquecendo o processo formativo e permitindo que os alunos tenham vivências de acordo com as demandas do século XXI. Durante as discussões, observamos que os alunos

recordaram o que foi trabalhado no encontro anterior, demonstrando que a prática envolvendo a Robótica Educacional auxilia no aprendizado duradouro. A experiência com o sistema de IA, aliada ao debate crítico do tema, permite que os estudantes desenvolvam um olhar crítico frente às inovações tecnológicas, cogitando criá-las e desenvolvê-las. Já os desafios possibilitaram aos estudantes explorar os conhecimentos anteriormente construídos, viabilizando a resolução de problemas que envolvem diferentes conceitos.

Os resultados da pesquisa realizada apontam que a IA, integrada à Robótica Educacional, pode potencializar a construção do conhecimento na Educação, em particular, na Educação Matemática. A prática vivenciada expõe os benefícios em trabalhar com as tecnologias digitais em um ambiente investigativo e sugere que a IA pode ser uma interessante ferramenta no cenário da Educação, indo além dos *chatbots* e planos personalizados (Luckin *et al.*, 2016; Mattos; Kalinke, 2024). Reforçamos que integrar as tecnologias digitais se mostraram eficientes para promover dinamicidade à construção do conhecimento, permitindo relacionar diferentes conteúdos de modo coerente com a era em que vivemos.

Para estudos futuros, há que se ponderar a respeito do papel do discente no desenvolvimento dos sistemas, como no caso do *Scratch*, uma plataforma que permite aos iniciantes aprender e programar de forma intuitiva. Além disso, o uso dessa plataforma abre possibilidades para explorar a programação, treinar algoritmos e trabalhar com modelos pré-existentes que podem ser usados para experimentos com IA na sala de aula. Tais práticas são fundamentais, uma vez que precisamos compreender que a Inteligência Artificial deve ser vista como um processo investigativo e não apenas como um produto final a fim de instigar a visão crítica do aluno.

Concluimos, portanto, que a interação aluno-robô, proporcionada pelo sistema da IA, se mostrou promissora, sendo um elemento motivador que colaborou para a construção do cenário e, juntamente com as Investigações Matemáticas, potencializou o processo formativo dos alunos. Logo, precisamos ponderar a respeito de práticas que integrem o currículo às tecnologias digitais que tem se apresentado como um instrumento enriquecedor no processo formativo.

Referências

AZEVEDO, Greiton Toledo de; MALTEMPI, Marcus Vinicius; POWELL, Arthur Belford. Contexto Formativo de Invenção Robótico-Matemática: Pensamento Computacional e

Matemática Crítica. **Bolema: Boletim De Educação Matemática**, v. 36, n. 72, p. 214-238, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>. Acesso em: 24 jul. 2023.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.

BORBA, Marcelo de Carvalho; CANEDO-JUNIOR, Neil da Rocha; CARVALHO, Geciara da Silva. O estar no mundo com as tecnologias: seres-humanos-com-mídias: etnomatemática, Geni, Zepellin e o inédito viável. In: VALLE, Júlio César Augusto do (Org.). **Paulo Freire e educação matemática: há uma forma matemática de estar no mundo**. São Paulo: Livraria da Física, 2022, v.1, p. 39-63.

BOSCATTI, Lucas Pereira. **AURORA CHAT: Implementação de uma assistente virtual com Inteligência Artificial Generativa para consultas às publicações científicas do Nero**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2024.

BOSCATTI, Lucas Pereira; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; BATISTA, Hiago Oliveira Braga; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Reconhecimento de Expressões Faciais para Auxílio no Aprendizado Educacional. In: XXV Congresso Brasileiro de Automática, 2024, Rio de Janeiro, RJ, **Anais [...]**, Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Automática, 2024.

CALVO, Alfredo Hernando. **Viagem à escola do século XXI: assim trabalham os colégios mais inovadores do mundo**. 1. ed. São Paulo, SP: Fundação Telefônica Vivo, 2016.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **A robótica para uso educacional**. São Paulo: Senac Editora, 2019.

CHATZOGLU, Prodromos D.; LAZARAKI, Vasiliki; APOSTOLIDIS, Savvas D.; GASTERATOS, Antonios C. Factors Affecting Acceptance of Social Robots Among Prospective Users. **International Journal of Social Robotics**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12369-023-01024-x>. Acesso em: 24 jul. 2023.

DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. **Fundamentos da matemática elementar 9: Geometria plana**. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.

GADANIDIS, George; JAVARONI, Sueli Liberatti; SANTOS, Silvana Cláudia dos; SILVA, Eliel Constantino da. Computing in Mathematics Education: Past, Present, and Future. In: DANESI, Marcel. (Ed.). **Handbook of Cognitive Mathematics**. Cham: Springer, 2022, v. 2-2, Capítulo 27, p. 805-842. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03945-4_35. Acesso em: 23 jul. 2024.

LUCKIN, Rose; HOLMES, Wayne; FORCIER, Laurie B.; GRIFFITHS, Mark. **Intelligence Unleashed. An Argument for AI in Education**. London: Pearson, 2016.

LUPERTO, Matteo; MONROY, Javier; RENOUX, Jennifer, *et al.* Integrating Social Assistive Robots, IoT, Virtual Communities and Smart Objects to Assist at-Home Independently Living Elders: the MoveCare Project. **International Journal of Social Robotics**, v. 15, p. 517–545, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00843-0>. Acesso em: 01 dez 2023.

MATARIĆ, Maja J. **Introdução à Robótica**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 04 ago. 2023.

MATTOS, Silvana Gogolla de; KALINKE, Marco Aurélio. Em busca de compreensões sobre inteligência artificial e programação intuitiva na Educação Matemática. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 12, n. 30, p. 01-19, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.33361/RPQ.2024.v.12.n.30.714>. Acesso em: 31 jul. 2024

MIRANDA, Juliano R.; SUANNO, Marilza Vanessa R. Robótica na escola: ferramenta pedagógica inovadora. **EDUCERE**, 2009. Disponível em: <http://www.natalnet.br/wre2012/pdf/106596.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2023

PEREIRA, Jéssica Maria; OLIVEIRA, Ruana Mikele Santos; ANDRADE, Samara Cardoso Faria; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; SANTOS, Silvana Claudia; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Robotics as a Possibility for Exploring Laterality in Early Childhood Education. *In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, Anais [...]*, Canada: IEEE, pp. 678-682, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332990>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PEREIRA, Jéssica Maria; GRANDO, João Vitor Martins; BRANDÃO, Alexandre Santos; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho. Investigações Matemáticas e Robótica Educacional para o estudo de Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 32, 2024. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/24/32/investigacoes-matematicas-e-robotica-educacional-para-o-estudo-de-geometria-plana-nos-anos-finais-do-ensino-fundamental>. Acesso em: 23 set. 2024

PONTE, João Pedro da; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações Matemáticas na Sala de Aula**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; BOSCATI, Lucas P; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Advances in Social Robotics: A Brief Review of Recent Contributions and Innovations. *In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, Anais [...]*, Canada: IEEE, pp. 35-40, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332925>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Uso da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, **Anais [...]**, Brasília, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/248>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SANTOS, Daniel Tebaldi; SANTOS, Silvana Cláudia dos; JAVARONI, Sueli Liberatti. O conceito de tecnologia e seres-humanos-com-mídias: aspectos epistemológicos da cibernética e educação matemática. In: BORBA, Marcelo de Carvalho; XAVIER, José Fábio; SCHUNEMANN, Tiele Aquino. (Org.). **Educação Matemática: múltiplas visões sobre tecnologias digitais**. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023, v. 1, Capítulo 2, p. 23-38.

SANTOS, Iceia. **Projeto pedagógico com robótica**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2023.

SERRES, Michel. **Polegarzinha: uma nova forma de viver em harmonia, de pensar as instituições, de ser e de saber**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

SIBILA, Paula. **Redes ou Paredes: a escola em tempos de dispersão**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na apresentação desta dissertação foram expostas as ideias e as inquietações que motivaram a pesquisa, bem como seus objetivos, sua relevância para a Educação Matemática, a metodologia adotada e a estrutura da dissertação. Por acreditarmos na importância de conhecer o cenário da temática que engloba a pesquisa e suas implicações, o primeiro artigo foi apresentado contendo um levantamento bibliográfico a respeito das temáticas que compõem esse trabalho. A partir de uma minuciosa leitura e revisão dos dados coletados, procedemos à análise que resultou em dois artigos. Um deles com foco na Investigação Matemática e a Robótica Educacional, já o outro se concentra na interação aluno-robô também aliada às Investigações Matemáticas.

Na presente seção, discutimos os resultados da pesquisa com o propósito de sintetizar as principais ideias discutidas ao longo da dissertação e apresentamos reflexões sobre as possibilidades de integrar a Educação Matemática às tecnologias digitais, em especial a Robótica Educacional. Para tanto, relacionamos a questão norteadora e os objetivos do estudo com os resultados obtidos na produção e na análise dos dados. Destacamos também as principais contribuições da pesquisa para o campo da Educação Matemática, bem como as limitações do estudo, e registramos considerações finais sobre seus achados e implicações conscientes de que as discussões não se limitam a esta dissertação. Por fim, apresentamos as perspectivas para investigações futuras.

Neste estudo objetivamos compreender as implicações da Robótica Educacional, por meio de atividades investigativas, no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Enfatizamos que tal pesquisa se justifica pela relevância e atualidade do tema, uma vez que há uma forte presença da Robótica na sociedade assim como uma alta demanda em relação ao âmbito profissional. Além disso, é necessário evidenciar as contribuições que a exploração da Robótica Educacional traz à inovação na escola pública e à formação cidadã crítico-reflexiva dos alunos participantes da pesquisa.

Na intenção de alcançar os objetivos da pesquisa, realizamos a produção de dados de caráter qualitativo, uma intervenção de dois encontros em uma turma de sétimo ano de uma escola pública. No primeiro encontro, fundamentados nas Investigações Matemáticas, buscamos explorar o tema Robótica Educacional. Já no segundo, investigamos a interação aluno-robô a partir das Investigações Matemáticas e a Inteligência Artificial.

A partir da pesquisa, acreditamos que foi possível contribuir com as reflexões sobre a Robótica nos processos de ensino e de aprendizagem no que diz respeito à Educação Matemática, mais especificamente ao ensino da geometria plana e principalmente triângulos equiláteros e quadrados. Nesse sentido, almejamos que este estudo possa enriquecer a compreensão das possibilidades de incorporar tecnologias como a Robótica e a Inteligência Artificial no contexto da sala de aula em uma perspectiva interdisciplinar, investigativa e dinâmica.

Na tentativa de alcançar o primeiro objetivo específico, de discutir as implicações do uso da Robótica Educacional e da Inteligência Artificial (IA) na aprendizagem de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental a partir de um levantamento bibliográfico, buscamos produções no *site* da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os resultados sugerem que é possível estabelecer uma relação saudável que promova a integração da Robótica e da IA como ferramentas no processo de aprendizagem, vinculando-as ao currículo como também ao cotidiano escolar. No entanto, os estudos advertem, quanto à preparação e papel dos educadores, para incorporar efetivamente tais tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas.

Ademais, ao mapearmos as pesquisas, identificamos que faltam estudos que contemplem atividades relacionando a Robótica Educacional à Inteligência Artificial. Apesar da relevância de ambas serem destacadas em diferentes trabalhos, apenas um estudo aborda esta relação. Esse mapeamento também nos apoiou na produção e na organização da intervenção, visto que apresentou diversos trabalhos exitosos, assim como seus desafios e limitações.

O segundo objetivo específico consistiu em investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Nossa experiência corrobora estudos anteriores ao afirmarem que práticas envolvendo a Robótica Educacional instigam a curiosidade dos alunos e torna o ambiente de aprendizado dinâmico onde os educandos se sentem motivados e entusiasmados.

A partir da análise dos dados produzidos, percebemos como uma prática pautada na colaboração e investigação pode causar um reflexo positivo na participação dos estudantes ao longo do processo formativo, refletindo no maior engajamento e contribuindo para a produção do conhecimento. Ao permitir que os alunos se expressem, questionem e criem soluções contribuimos para uma Matemática com vistas à transdisciplinaridade, ou seja, para a formação de cidadãos que refletem acerca da sociedade.

Enfim, o terceiro objetivo específico consistiu em compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da Inteligência Artificial, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Nossas conclusões sugerem que a IA pode ser uma interessante ferramenta no cenário da Educação, indo além dos *chatbots* e planos personalizados.

A interação aluno-robô, proporcionada pelo sistema da IA, se mostrou promissora no processo de introdução dessas ferramentas no contexto Educacional indicando que a IA, integrada à Robótica Educacional, amplia as possibilidades, uma vez que se torna um elemento motivador, colaborando para a estruturação do cenário, o que pode enriquecer a construção do conhecimento. Os discentes, por sua vez, a partir das discussões intencionais, podem desenvolver um olhar crítico frente às inovações tecnológicas e passam a ter vivências de acordo com as demandas do século XXI.

A abordagem investigativa utilizada durante as atividades da intervenção possibilitou aos alunos experimentar, conjecturar, raciocinar, justificar, argumentar, dentre outras habilidades estimuladas durante o processo de construção do conhecimento. Desse modo, os estudantes puderam expressar seus conhecimentos matemáticos de maneira espontânea sem aversão ao erro. Portanto, as ponderações supracitadas remetem à importância de incorporar as tecnologias digitais, de modo mais específico a Robótica, no âmbito da Educação. A seguir, discorreremos sobre nossas reflexões a respeito da questão norteadora desta pesquisa.

Algumas Reflexões a partir da Pergunta Norteadora

Nesse momento, nos dedicamos a discutir, refletir, analisar e ponderar sobre a questão norteadora da pesquisa: Como ocorre o processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental com o auxílio da Robótica Educacional?

A partir dos resultados, entendemos que integrar a Robótica ao contexto escolar pode contribuir para a democratização do conhecimento, especialmente porque muitos estudantes ainda não têm acesso a esses recursos fora da escola. Tendo em vista o cenário de desigualdade do nosso país e as cruéis consequências que essa desigualdade pode gerar na formação dos alunos, impedir que os alunos tenham acesso às tecnologias digitais atuais compromete a participação igualitária no mercado de trabalho e impacta sua participação ativa na sociedade como cidadãos.

Os dados ainda apontam que o processo formativo em Matemática se torna dinâmico, interativo e colaborativo ao integrá-lo à Robótica Educacional, colaborando para o desenvolvimento de alunos ativos e criativos. Práticas envolvendo a Robótica e as Investigações Matemáticas, nessa pesquisa, estimularam habilidades cognitivas e socioemocionais, uma vez que os estudantes se deparam com diferentes desafios que exigem raciocinar, conjecturar, questionar e justificar suas etapas na produção do conhecimento. As atividades investigativas, como notamos na intervenção, permitiram explorar habilidades de escrita que nem sempre são associadas à Matemática e que muito auxiliam na organização do pensamento.

Nossa intervenção nos permitiu observar que experiências com a Robótica Educacional podem promover mudança no processo formativo no que diz respeito ao diálogo, metodologia e engajamento. Com base nos dados analisados, a interação aluno-robô proporcionou empolgação e curiosidade no contexto da sala de aula, o que tornou o ambiente propício para trabalhar intuitivamente até mesmo os conceitos considerados mais complexos pelos estudantes. Dito isso, temos indícios de que a aprendizagem pode ocorrer de forma colaborativa em que o professor é mediador e o aluno é o protagonista da construção do conhecimento. Desse modo, ambos ensinam e aprendem um com o outro.

Vislumbramos nessa pesquisa uma semente em relação aos avanços na rede pública de ensino de modo que outros estudos possam ser feitos a fim de alcançar um espaço para as tecnologias digitais no ambiente escolar, possibilitando acompanhar as inovações que presenciamos diariamente. Salientamos, sobretudo, a contribuição dessa pesquisa para o cenário da Educação pública e para a área da Educação Matemática com vistas ao processo formativo dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Contudo, esse estudo também apresentou algumas limitações sobre as quais discorreremos a seguir.

Apontamentos

Diante do exposto nas seções anteriores, este estudo realizou uma exploração a respeito das implicações da Robótica Educacional, por meio de atividades investigativas, no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Destacamos que ao longo da realização do mestrado, em parceria com outros autores, foram publicados quatro artigos em eventos internacionais, (Boscatti *et al.*, 2024; Pereira *et al.*, 2023; Romulo *et al.*, 2023a; Romulo; Faria; Brandão, 2024). Também publicamos dois artigos

em eventos nacionais (Oliveira *et al.*, 2023; Romulo *et al.*, 2023b). Além disso, os três artigos que compõem esta dissertação foram submetidos e encontram-se em processo de avaliação em revistas científicas de reconhecida relevância na área.

A seguir, sintetizamos as limitações e desafios da Robótica Educacional no processo formativo. Pontuamos, inicialmente, sobre a formação dos profissionais em relação às tecnologias digitais. Torna-se necessário investir em formação inicial e continuada bem como refletir a respeito do preparo e do papel dos docentes frente às inovações tecnológicas. Vale ressaltar que os professores são fundamentais no planejamento e na mediação das atividades. Assim, a prática docente deve ser desenvolvida de modo que os recursos tecnológicos sejam utilizados para a aprendizagem significativa e não como meros aparatos sofisticados.

Assinalamos também a necessidade de pesquisas que ampliem as discussões relacionadas à participação da Robótica e da Inteligência Artificial no currículo escolar e nos processos formativos de tal forma que possibilitem um aprofundamento dos conceitos matemáticos e o desenvolvimento de diferentes habilidades. Devido às múltiplas demandas do cargo, o tempo para práticas com a Robótica Educacional devem ser bem administrados, uma vez que podem ocorrer diferentes problemas técnicos que exigem maior atenção. Por conseguinte, a disponibilidade do tempo para realização de tais atividades é outro desafio.

Outro limitante se refere ao trabalho do docente que inclui o planejamento e a organização da prática, a elaboração de atividades adaptadas, além do conhecimento técnico para além do tecnológico. Na pesquisa realizada, um aluno de graduação do curso de engenharia elétrica programou a parte da IA e os robôs foram construídos e programados por técnicos. Portanto há de se ponderar tal prática frente às condições e contextos do trabalho docente a fim de realizar adequações, de adotar outras propostas dinâmicas ou mesmo outros recursos que se aproximem do cotidiano da sala de aula.

Ao trabalharmos com robôs no âmbito Educacional precisamos nos atentar a alguns fatores como a velocidade, a privacidade e o *design*. Quando envolvemos a IA, essa atenção tem que ser redobrada de modo a garantir a segurança e o bem-estar na interação aluno-robô. Precisamos respeitar os limites físicos e emocionais dos estudantes para, assim, evitar constrangimentos. Na pesquisa realizada, para minimizar esses riscos, adotamos medidas como o controle da velocidade e do alcance dos movimentos do robô, a configuração de respostas adequadas no sistema de IA, o acompanhamento constante das interações por parte dos mediadores e a realização de testes prévios em ambiente supervisionado. Além disso, foram priorizadas situações de uso que valorizam a cooperação e o diálogo, evitando exposição ou desconforto entre os participantes.

Outro desafio a ser destacado é em relação aos materiais para as práticas com a Robótica e a IA na Educação como também a proporção dos mesmos em relação à turma. Materiais limitados podem gerar dispersão quando se tem uma grande quantidade de alunos, o que afeta diretamente o andamento e rendimento das práticas. Para essas ocasiões, torna-se necessário pensar em grupos menores e divisões de tarefas.

Nesse sentido, afirmamos que esse trabalho não esgota o desenvolvimento de pesquisas com as temáticas envolvidas e que as discussões não param por aqui, uma vez que esta dissertação tem a pretensão de abrir um leque de possibilidades de desenvolvimento de outras pesquisas, como as sugestões a seguir.

Estudos Futuros

Diante da relevância do tema e da sua constante atualização, acreditamos que novas pesquisas devem explorar e ampliar a temática abordada nesta dissertação, fornecendo *insights* valiosos e atendendo demandas cotidianas de melhorias na Educação. Nesse sentido, estudos futuros poderiam investigar as práticas e pesquisas nos demais níveis de ensino, destacando as principais implicações.

Estudos posteriores poderiam, ainda, explorar a lacuna aqui existente, direcionando o foco às problematizações no que se refere às práticas envolvendo conjuntamente a IA e a Robótica Educacional, viabilizando um panorama de atividades que contribuem para o avanço da Educação.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, e em meio às análises dos resultados discutidos, emergiram algumas inquietações que não foram contempladas por essa pesquisa, mas que julgamos pertinentes para estudos futuros. Tendo ciência do contexto das escolas públicas, quais práticas de baixo custo podem ser desenvolvidas no que se refere à Robótica Educacional integrada à Educação Matemática? E quais conhecimentos matemáticos são mobilizados e/ou ressignificados a partir de tais práticas?

Outro questionamento que surgiu nesse contexto foi em relação ao docente. Nesse contexto, realizamos as seguintes indagações: De que maneira uma ação formativa sobre Robótica Educacional e IA pode apoiá-los nos desafios e nas práticas pedagógicas? Quais contribuições essa ação formativa traria para as docentes? Além disso, foi possível questionar sobre como uma ação formativa poderia auxiliar os docentes na produção de atividades que integrassem Robótica e Matemática?

A partir dessas indagações, esperamos que novas pesquisas possam esclarecer essas demandas e contribuir para o crescimento dos estudos que envolvam a Robótica e a Inteligência Artificial na Educação. Ademais, nossa perspectiva trata-se de um convite a outros pesquisadores a buscarem novas óticas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Greiton Toledo de. **Processo Formativo em Matemática: Invenções Robóticas para o Parkinson**. 2022. 213 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro (SP), 2022.
- AZEVEDO, Greiton Toledo de. Resolução de Problemas Envolvendo Escalas Lineares, Superficiais e Volumétricas: Inteligência Artificial e Pensamento Computacional. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 138–149, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2024v17n2p138-149>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- AZEVEDO, Greiton Toledo de; MALTEMPI, Marcus Vinicius; POWELL, Arthur Belford. Contexto Formativo de Invenção Robótico-Matemática: Pensamento Computacional e Matemática Crítica. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 36, n. 72, p. 214-238, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- AZEVEDO, Greiton Toledo de; MALTEMPI, Marcus Vinicius. Processo formativo em matemática e robótica: construcionismo, pensamento computacional e aprendizagem criativa. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 85–107, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/tsc.v7i2.14857>. Acesso em: 15 maio. 2024.
- BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; ESPÓSITO, Vitória Helena Cunha. (Org.). **A pesquisa qualitativa em educação: um enfoque fenomenológico**. 2. ed. São Paulo: Unimep Editora, 1997.
- BODEN, Margaret A. **Inteligência Artificial: uma brevíssima introdução**. São Paulo: Unesp Editora, 2020.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola. **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. 6. ed. São Paulo: Autêntica, 2019. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 05 jul. 2023.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; CANEDO-JUNIOR, Neil da Rocha; CARVALHO, Geclara da Silva. O estar no mundo com as tecnologias: seres-humanos-com-mídias: etnomatemática, Geni, Zepellin e o inédito viável. In: VALLE, Júlio César Augusto do (Org.). **Paulo Freire e educação matemática: há uma forma matemática de estar no mundo**. São Paulo: Livraria da Física, 2022, v.1, p. 39-63.
- BOSCATTI, Lucas Pereira; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; BATISTA, Hiago Oliveira Braga; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Reconhecimento de Expressões Faciais para Auxílio no Aprendizado Educacional. In: XXV Congresso Brasileiro de Automática, 2024, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**, Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Automática, 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **A Robótica para uso Educacional**. São Paulo: Senac Editora, 2019.

D'ABREU, João Vilhete Viegas. Como usar a robótica pedagógica aplicada ao currículo. 2012. In: InovaEduca3.0, I Congresso sobre práticas inovadoras na educação em um mundo impulsionado pela tecnologia, 2012, São Paulo, SP. **Anais [...]**, São Paulo, SP: InovaEduca, 2012.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática**. 23. ed. Campinas: Papyrus Editora, 2013.

FADEL, Charles; BLACK, Alexis; TAYLOR, Robbie; SLESINSKI, Janet; DUNN, Katie. **Educação para a era da inteligência artificial**. 1. ed. São Paulo: Fundação Santillana, 2024.

FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; PASSOS, Caroline Mendes dos; ROSSINOL, Aline Marçal; BATISTA, Luciano Gonçalves. Estágio curricular supervisionado de Matemática no contexto da pandemia da Covid-19. **Pesquisa e Ensino, Barreiras**, v. 2, n. 1, p. 1-27, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.37853/202125>. Acesso em: 05 jul. 2023.

FRANK, Alejandro G. Formatos alternativos de teses e dissertações. **Blog Ciência prática**, 2013. Disponível em: <https://cienciapratica.wordpress.com/2013/04/15/formatosalterativos-de-teses-e-dissertacoes/>. Acesso em: 06 maio 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra Editora, 2002.

GADANIDIS, George; JAVARONI, Sueli Liberatti; SANTOS, Silvana Cláudia dos; SILVA, Eliel Constantino da. Computing in Mathematics Education: Past, Present, and Future. In: DANESI, Marcel. (Ed.). **Handbook of Cognitive Mathematics**. Cham: Springer, 2022, v. 2-2, Capítulo 27, p. 805-842. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03945-4_35. Acesso em: 23 jul. 2024.

GONÇALVES, Irlen Antônio, FARIA FILHO, Luciano Mendes de. Tecnologias e educação escolar: a escola pode ser contemporânea do seu tempo? **Educação & Sociedade**, v.42, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/ES.252589>. Acesso em: 11 maio 2023.

GOMES, Cristiane Grava; SILVA, Fernando Oliveira da; BOTELHO, Jaqueline da Costa; SOUZA, Aguinaldo Robinson de. A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental. In: PIROLA, Nelson Antonio. (Org.). **Ensino de ciências e matemática, IV: temas de investigação**. São Paulo: UNESP Editora, 2010, Capítulo 10, p. 205-221.

GOV. BR. **Programa de Residência Pedagógica**. Ministério da Educação, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-basica/programas-encerrados/programa-residencia-pedagogica>. Acesso em: 02 nov. 2024.

GROSS, Giane Fernanda Schneider; ALBERTONI, Neumar Regiane Machado; SANTOS, Érica Oliveiras dos; KALINKE, Marco Aurélio; TREVISAN, André Luis. **Relações Teóricas**

Possíveis Entre Robótica Educacional, Educação Matemática e Escolas do Campo. **Jornal Internacional de Estudos Em Educação Matemática**, v. 15, n. 2, p. 237-248, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2022v15n2p237-248>. Acesso em: 15 maio 2024.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MALTEMPI, Marcus Vinicius; MENDES, Ricardo de Oliveira. TECNOLOGIAS DIGITAIS NA SALA DE AULA: Por que não? In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE TIC NA EDUCAÇÃO, 2016, Lisboa/Portugal. **Anais [...]**, Lisboa/Portugal: [s.n.], p. 86-96, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica. In: I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, abril de 2007, Tandil/Argentina. **Anais [...]**, Tandil/Argentina: [s.n.], 2007.

OLIVEIRA, R. M. S. ; BRANDAO, A. S. ; ROMULO, Thaymara C. S. ; PEREIRA, J. M. ; ANDRADE, S. C. F. ; SANTOS, S. C. . Explorando a Lateralidade na Educação Infantil por meio da Robótica. In: Simpósio de Integração Acadêmica (SIA) - UFV, 2023, Viçosa - MG. Trabalhos apresentados: Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável, 2023.

PAPERT, Seymour. **A máquina das Crianças: repensando a escola na era informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008. Publicado originalmente sob o título de: **The children's machine: rethinking school in the age of the computer**. New York: Basic Book, 1993.

PEREIRA, Jéssica Maria. **Robótica Educacional no Ensino de Matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

PEREIRA, Jéssica Maria; OLIVEIRA, Ruana Mikele Santos; ANDRADE, Samara Cardoso Faria; ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; SANTOS, Silvana Claudia; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Robotics as a Possibility for Exploring Laterality in Early Childhood Education. In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador, Brazil, **Anais [...]**, Canada: IEEE, pp. 678-682, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332990>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PINEL, Guilherme Serra Francisco. **Explorando a robótica educacional como estratégia para o desenvolvimento das habilidades socioemocionais e cognitivas no ensino de Física**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

PONTE, João Pedro da; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélio. **Investigações Matemáticas na Sala de Aula**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; BOSCATI, Lucas P; FARIA, Rejane; BRANDÃO, Alexandre Santos. Advances in Social Robotics: A Brief Review of Recent Contributions and Innovations. In: XX Latin American Robotics Symposium (LARS), XV Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and XIV Workshop on Robotics in Education (WRE), 2023, Salvador,

Brazil, **Anais [...]**, Canada: IEEE, p. 35-40, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332925>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ROMULO, Thaymara C. S.; Rejane Faria; BRANDAO, A. S.; PEREIRA, J. M.; OLIVEIRA, R. M. S.; ANDRADE, S. C. F.; SANTOS, S. C. Robótica na escola: uma abordagem prática interdisciplinar. In: Simpósio de Integração Acadêmica (SIA) - UFV, 2023, Viçosa - MG. Trabalhos apresentados: Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável, 2023b.

ROMULO, Thaymara Cristina de Souza; FARIA, Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho; BRANDÃO, Alexandre Santos. Uso da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, **Anais [...]**, Brasília, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/248>.. Acesso em: 24 mar. 2025.

SANTOS, Daniel Tebaldi; SANTOS, Silvana Cláudia dos; JAVARONI, Sueli Liberatti. O conceito de tecnologia e seres-humanos-com-mídias: aspectos epistemológicos da cibernética e educação matemática. In: BORBA, Marcelo de Carvalho; XAVIER, José Fábio; SCHUNEMANN, Tiele Aquino. (Org.). **Educação Matemática: múltiplas visões sobre tecnologias digitais**. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023, v. 1, Capítulo 2, p. 23-38.

SILVA, Alexsander Figueiredo; HOED, Raphael Magalhães; SARAIVA, Pedro Fábio. COMPARAÇÃO ENTRE A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E A DE PAÍSES COM BONS RESULTADOS NO EXAME DO PISA: UM ESTUDO A PARTIR DA TALIS. **Revista foco**, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e899, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/899>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SILVEIRA, Marisa Rosâni Abreu da. A Dificuldade da Matemática no Dizer do Aluno: ressonâncias de sentido de um discurso. **Revista Educação e Realidade**, v. 36, n. 3, p. 761-779, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/educacaoerealidade/article/view/18480/14340>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SOUZA E SILVA, Sônia de; STAVNY, Fabíola Martins; KALINKE, Marcus Aurélio. La inteligencia artificial en el contexto de la educación: el análisis de sus avances a partir de perspectivas teórico – filosóficas y de procesos educativos. **Paradigma**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 282-306, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p282-306.id1227>. Acesso em: 15 maio 2024.

ZATTI, Evandro Alberto; BALBINO, Renata; MATTOS, Silvana Gogolla de; KALINKE, Marco Aurélio. Una Propuesta para la Creación de una Plataforma Asistida por la Inteligencia Artificial para la Construcción de Objetos de Aprendizaje de Matemática. **Paradigma**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 259-281, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p259-281.id1226>. Acesso em: 15 maio 2024.

APÊNDICES

Apêndice A - Plano de aula dos encontros



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO



IMPLICAÇÕES DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NO PROCESSO FORMATIVO EM MATEMÁTICA

Mestranda: Thaymara Cristina de Souza Romulo

Orientadora: Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria

PLANEJAMENTO DOS ENCONTROS

Disciplina: Matemática

Público Alvo: Alunos do 7º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Raul de Leoni

Duração: 4 horas/aula divididas em 2 encontros.

OBJETIVOS:

- Investigar a atuação da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental.
- Compreender a interação aluno-robô, a partir de um método da Inteligência Artificial, no processo formativo de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

RECURSOS: Robô Esteira, Robô *Math* (robô *pioneer 3-DX e notebook*), aplicativo *Tagbot*, régua, transferidor, fita adesiva colorida, papel quadriculado, cartolina, figuras em formato de triângulos e os quadrados em EVA, palitos e caneta.

Encontro	Atividade a ser realizada	Materiais
1º	Investigação Matemática, construção de polígonos regulares: quadrado e triângulo.	Robô Esteira, aplicativo, transferidor, cartolina, caneta, figura do triângulo e do quadrado em EVA.
2º	Jogo Enigmatemático	Robô <i>Math</i> (robô <i>pioneer 3-DX e notebook</i>), aplicativo, fita adesiva colorida, régua, transferidor, papel quadriculado, cartolina, palitos e caneta, triângulos e o quadrados em EVA

MOTIVAÇÃO

A fim de tornar a aprendizagem integrativa, é essencial considerar a promoção de atividades investigativas que estimulem os estudantes a desenvolver habilidades matemáticas e computacionais, bem como fomentar a criatividade, especialmente no contexto da Geometria Plana, em particular os polígonos regulares e seus elementos. Além disso, é fundamental estabelecer conexões significativas e criar um contexto que dê sentido aos conceitos e procedimentos matemáticos. As atividades práticas em que o aluno participa ativamente, assim como as que envolvem a interação direta com artefatos robóticos, mobilizam os alunos a criar, desenvolver, justificar, analisar e observar o fenômeno.

DESCRIÇÃO

A atividade será de cunho investigativo (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009), sendo dividida em dois encontros. No primeiro, iniciaremos com a ambientação dos alunos com o Robô Esteira e o aplicativo *Tagbot* visando identificar os conhecimentos prévios da turma bem como a familiaridade com a Robótica. A partir disso, conversaremos a respeito dos polígonos regulares e solicitaremos que formem grupos de quatro alunos no qual alguns grupos ficarão responsáveis por investigar o quadrado e os outros com o triângulo equilátero. Os grupos que estiverem com o quadrado devem utilizar um exemplo existente na sala de aula para investigar os ângulos internos (a título de exemplo, uma cerâmica do chão da sala, um vidro de uma janela). Já os que ficarem com o triângulo equilátero devem receber triângulos em EVA de diferentes tamanhos e, a partir destes, investigar quais são os ângulos internos do triângulo equilátero. Na sequência, tendo encontrado os ângulos internos dos polígonos regulares, aprofundaremos acerca do funcionamento do Robô e do aplicativo. A seguir, será apresentado brevemente a relação entre programação, algoritmo e comandos. Sabendo os ângulos internos necessários para construção do polígono regular e o funcionamento do Robô bem como do aplicativo, será solicitado que criem um algoritmo com todos os comandos para que o Robô forme um triângulo equilátero ou um quadrado.

Após a construção do algoritmo, trocaremos a folha com os comandos entre os grupos e estes os executarão por meio do aplicativo *Tagbot* para que o Robô Esteira forme um quadrado ou um triângulo equilátero. Cabe destacar que, ao trocar os algoritmos, os grupos não têm conhecimento da figura geométrica plana a ser construída.

No segundo encontro, será realizado o Jogo Enigmatemático no qual utilizaremos o Robô *Math* e, posteriormente, uma roda de conversa para finalizar a ação, buscando compreender as perspectivas dos estudantes. Vale ressaltar que o objetivo desta atividade é compreender a interação aluno-robô, observando também a acurácia do modelo proposto.

PROCEDIMENTOS

1º ENCONTRO: Apresentação da atividade e conversa a respeito da Robótica.

Primeiro momento

Relembraremos o que são polígonos regulares, “um polígono convexo é regular se, e somente se, tem todos os lados congruentes (é equilátero) e todos os ângulos congruentes (é equiângulo)” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 136). Em seguida, solicitaremos aos alunos que formem grupos de três ou quatro estudantes e investiguem, utilizando o transferidor, quais são os ângulos internos do polígono regular que recebeu.

Devemos mediar a construção passando pelos grupos auxiliando o manuseio do transferidor e recordando que: triângulos são “equiláteros se, e somente se, têm os três lados congruentes” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 36, grifo dos autores) e que “um quadrilátero plano convexo é um quadrado se, e somente se, possui os quatro ângulos congruentes e os quatro lados congruentes” (Dolce; Pompeo, 2013, p. 98).

Após encontrarem os ângulos internos necessários para construção do polígono regular, devemos explicar o funcionamento do aplicativo *Tagbot* e do Robô Esteira. Na sequência, explicar as noções de programação, algoritmo e comandos. A seguir, solicitaremos que criem um algoritmo com todos os comandos necessários para que o Robô forme um triângulo equilátero ou um quadrado por meio do aplicativo *Tagbot* e sabendo que o Robô realiza movimentos de 10°, 12°, 15° e 90°.

Cada grupo receberá uma folha com o nome do polígono regular a ser construído na parte superior e o espaço necessário para a escrita do algoritmo. Os alunos não deverão revelar para os outros grupos o polígono que estão trabalhando.

Segundo momento

Finalizada a construção dos algoritmos, trocaremos as folhas entre os grupos ocultando o nome do polígono. Agora cada grupo deverá executar exatamente os comandos descritos na folha, ou seja, deverão controlar, por meio do aplicativo *Tagbot*, para que o Robô Esteira forme um quadrado e triângulos equiláteros. Nesse momento, vamos observar se os alunos compreenderam a ideia de construção e execução de comandos bem como os procedimentos necessários para construir um polígono regular.

2º ENCONTRO: Nesse segundo encontro será proposto aos alunos o jogo Enigmatemático que contará com o Robô *Math*, elaborado no âmbito do Nero, com a finalidade de reconhecer expressões faciais por meio da Inteligência Artificial (IA).

Jogo Enigmatemático

A turma será dividida em dois grandes grupos, a sala dividida ao meio e cada lado corresponderá à área da equipe.

Os alunos não poderão, em momento algum, falar a resposta durante o jogo. Para responder deve-se sinalizar com uma expressão positiva (feliz) em caso de a resposta ser verdadeira, uma expressão negativa (triste) quando a resposta for falsa e uma expressão neutra

caso não saibam a resposta. Cada equipe deverá escolher um membro diferente para cada resposta frente ao Robô *Math*.

O Robô por sua vez, a cada resposta, deve localizar, identificar, reconhecer a expressão facial do estudante e classificá-las como Satisfeito/Good, Insatisfeito/Bad ou Neutro/Neutral por meio do sistema de reconhecimento facial da IA. A partir disso, se aproximar daquele que sinaliza uma expressão de satisfeito (feliz). Portanto, o Robô não sabe a resposta correta, porém como todas serão verdadeiras (expressão feliz), ele reconhecerá a expressão facial e, conseqüentemente, se aproximará dos alunos que respondem corretamente. Dito isso, para não influenciar o desenvolvimento do jogo, o funcionamento do Robô só será apresentado ao final. Vence a equipe referente ao lado que o Robô estiver posicionado quando terminar o jogo.

Vale destacar que agilidade também é importante, pois caso dois alunos expressem reação feliz o sistema pontua o que realizou em maior tempo, ou seja, o primeiro.

Primeiro Momento:

O professor posicionará o membro de cada equipe sentados no chão da sala, um metro à frente do Robô *Math*. A cada pergunta, o aluno deverá de imediato sinalizar referente a verdadeiro/falso. A seguir, as três primeiras perguntas:

- Nem todo triângulo é equilátero.

Nesse momento, após o resultado, o professor deve aproveitar para discutir a respeito dos outros triângulos, lembrando a condição para que seja equilátero.

- Os ângulos internos de todo quadrado são iguais e sua medida é de 90° .

Novamente, após o resultado, o docente deve mencionar o termo reto, comparar diferentes quadrados e mostrar sua aplicação na sala de aula.

- No triângulo equilátero todos os ângulos internos são iguais e medem 60° .

Após o resultado, o pesquisador deve lembrá-los de detalhes da construção feita no encontro anterior, destacando as propriedades de um triângulo equilátero.

Segundo momento:

Agora que a turma compreendeu um pouco mais sobre o funcionamento do jogo e o comportamento do Robô, será feito alguns desafios.

As equipes terão um tempo para explorar os desafios e, ao fim desse tempo, em consenso, chegar às respostas. Poderão utilizar todo material disponível, a saber: caneta, papel, papel quadriculado, palitos bem como a figura do triângulo e do quadrado em EVA utilizado no encontro anterior.

Ao longo do desafio, devemos atuar como mediadores, tirando dúvidas e auxiliando os alunos durante o desenvolvimento da resolução. Para isso, devemos questioná-los quanto à organização e os métodos que estão utilizando para resolução.

Ao fim do tempo, as equipes deverão escolher quatro pessoas para sinalizar as respostas decididas em consenso e cada aluno ficará responsável por responder um desafio. O jogo encerra quando o Robô terminar o movimento referente à última pergunta. A seguir, os desafios propostos:

- É possível construir um quadrado e um triângulo equilátero de mesma área.
- Podemos construir, dentro de um quadrado, um triângulo equilátero.
- Dentro de um triângulo equilátero é possível construir um quadrado que possua todos os vértices sobre os lados desse triângulo.
- Não é possível construir outro polígono regular usando apenas um triângulo equilátero e um quadrado, sem sobrepor as figuras geométricas.

Para fins de pesquisa e análise, é necessário realizar a gravação das falas dos alunos e fotografar toda a construção realizada.

FINALIZANDO O ENCONTRO

Após finalizarmos o jogo, faremos uma roda de conversa questionando-os quanto ao funcionamento do Robô. Depois que os estudantes exporem suas convicções, vamos explicar seu funcionamento e realizar uma breve introdução aos conceitos da IA.

Na sequência, realizaremos uma conversa sobre toda a ação, desde o primeiro encontro, deixando-os livres para comentar e questionar a respeito do que foi trabalhado. No Apêndice B encontra-se um breve roteiro que guiará esta conversa.

AVALIAÇÃO

O processo de avaliação, continuada e formativa, será realizada observando-se a participação dos alunos. Mediante a prática de construção dos polígonos por parte dos estudantes, no aplicativo e no Jogo Enigmatemático. Nessa etapa, buscamos compreender se os alunos desenvolveram as habilidades necessárias para construção de um polígono regular, para a resolução de uma atividade investigativa e se conseguiram apropriar do conhecimento matemático construído em aula. Além disso, o desempenho dos alunos servirá para minha autoavaliação quanto à prática e ao modo abordado, contribuindo para reflexão da minha própria prática pedagógica.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Greiton Toledo de. **Processo Formativo em Matemática: Invenções Robóticas para o Parkinson**. 2022. 213 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro (SP), 2022.

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

DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. **Fundamentos da matemática elementar 9: Geometria plana**. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.

PONTE, João Pedro da; BROCARDO, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações Matemáticas na Sala de Aula**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

Apêndice B - Roteiro responsável por direcionar a conversa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E
ARTES
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO

**IMPLICAÇÕES DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NO PROCESSO
FORMATIVO EM MATEMÁTICA**

Mestranda: THAYMARA CRISTINA DE SOUZA ROMULO

Orientadora: Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria

Roteiro da Conversa

- Como foi sua experiência em estudar conteúdos de Matemática por meio de atividades investigativas com a Robótica?
- Em relação às atividades realizadas, você considera que ajudou no entendimento matemático? Quais temas e conteúdos você aprendeu?
- Durante a realização dos encontros, qual ou quais foram as questões da atividade que mais chamaram sua atenção?
- Com relação ao Robô, o que você achou de usar este equipamento nas aulas de Matemática? Descreva quais foram as dificuldades e facilidades que você encontrou.
- O que você entende por Inteligência Artificial? Considera que ela pode colaborar com seu processo formativo em Matemática?
- Você teria algo a acrescentar, como sugestões, críticas ou observações? Sinta-se à vontade para responder.

Apêndice C - Código de controle do Robô *Math*

```

clear; close all; clc;

% Close all the open connections
try
    fclose(instrfindall);
catch
end

%% Look for root directory
PastaAtual = pwd;
PastaRaiz = 'Pvoneer';
cd(PastaAtual(1:(strfind(PastaAtual,PastaRaiz)+numel(PastaRaiz)-1)))
addpath(genpath(pwd))

% Criando uma variável para representar o Robô
P = Pioneer3DX;
% Coectar com o Robô real ou com MobileSim
P.rConnect

%% Initial Position
% X0 = input('Digite a posição inicial do robô ([x y z psi]): ');
X0 = [0 0 0 0];

P.rSetPose(X0); % define pose do robô

%%

t = tic;
t_inc = tic;

Tmax = 144000;
Tinc = .100;

limAng = 0.1;

conteudo = 'Pause';
while toc(t) < Tmax

    if toc(t_inc) > Tinc
        t_inc = tic;
        disp(toc(t));

        if conteudo == 'Pause'

            %% Initial Position
            % X0 = input('Digite a posição inicial do robô ([x y z psi]): ');
            X0 = [0 0 0 0];

            P.rSetPose(X0); % define pose do robô

            input("Precione ENTER");
            limAng = 0.1;

            cd C:\Users\guisf\EmotionDetection\
                &!python .\app.py
                !python .\main.py --game_mode=True

```

```

        pause(0.2);

        fileID = fopen('C:\Users\guisf\EmotionDetection\score.txt','r');
        conteudo = fscanf(fileID, '%s'); % Lê a informação do arquivo em
string
        end

        if conteudo == 'D'
            disp('Direita')

            P.rGetSensorData;

            P.pPos.Xd(1:2) = [1; -0.5];
            %P.pPos.Xd(1:2) = [0.5; 0.3];
            P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;

            if abs(norm(P.pPos.Xtil(1:2))) > limAng
                limAng = 0.1;

                k = 0.9;
                P.pSC.Ud = [cos(P.pPos.X(6)) -sin(P.pPos.X(6))*P.pPar.a;
sin(P.pPos.X
                (6))*P.pPar.a cos(P.pPos.X(6))]\...
                    [k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(1));k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(2))];

            else
                limAng = 0.5;
                P.pPos.Xd(6) = 0;
                % Controle orientação
                P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;

                P.pSC.Ud = [0; 1.5*tanh(0.8*P.pPos.Xtil(6))];

            end

            if abs(norm(P.pPos.Xtil(1:2))) < limAng & abs(P.pPos.Xtil(6)) <
deg2rad(5)
            %sqrt(P.pPos.Xtil(1)^2 + P.pPos.Xtil(2)^2) < 0.08
                conteudo = 'Pause';
                P.pSC.Ud = [0; 0];

            end

            else
                disp('Esquerda')
                P.rGetSensorData;
                P.pPos.Xd(1:2) = [1; 0.5];
            %P.pPos.Xd(1:2) = [0.5; 0];
                P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;

                if abs(norm(P.pPos.Xtil(1:2))) > limAng
                    limAng = 0.1;

                    k = 0.9;
                    P.pSC.Ud = [cos(P.pPos.X(6)) -sin(P.pPos.X(6))*P.pPar.a;
sin(P.pPos.X
                    (6))*P.pPar.a cos(P.pPos.X(6))]\...
                        [k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(1)); k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(2))];

                else
                    limAng = 0.5;

```

```

        P.pPos.Xd(6) = 0;
        % Controle orientação
        P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;

        P.pSC.Ud = [0; 1.5*tanh(0.8*P.pPos.Xtil(6))];

    end

    if abs(norm(P.pPos.Xtil(1:2))) < limAng & abs(P.pPos.Xtil(6)) <
deg2rad(5)
        conteudo = 'Pause';
        P.pSC.Ud = [0; 0];

    end

end

end

% P.rGetSensorData;
%
% P.pPos.Xd(1:2) = [0; 0];
% P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;
%
% if abs(norm(P.pPos.Xtil(1:2))) > limAng
%     limAng = 0.1;
%
%     k = 0.5;
%     P.pSC.Ud = [cos(P.pPos.X(6)) -sin(P.pPos.X(6))*P.pPar.a; sin(P.pPos.X
(6))*P.pPar.a cos(P.pPos.X(6))]\...
%     [k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(1)); k*tanh(0.5*P.pPos.Xtil(2))];
%
% else
%     limAng = 0.5;
%     P.pPos.Xd(6) = 90;
%     % Controle orientação
%     P.pPos.Xtil = P.pPos.Xd - P.pPos.X;
%
%     P.pSC.Ud = [0; 1.5*tanh(0.8*P.pPos.Xtil(6))];
%
%     % end
%     [P.pPos.Xd(1:2), P.pPos.X(1:2), P.pPos.Xtil(1:2), P.pSC.Ud]
P.rSendControlSignals;

    end
end

P.pSC.Ud = [0;0];
P.rSendControlSignals;

P.rDisconnect;

```

Apêndice D - Fluxo de funcionamento do sistema de reconhecimento de emoções no jogo Enigmatemático

O desenvolvimento do jogo Enigmatemático permitiu integrar o robô Math a um sistema de Inteligência Artificial voltado ao reconhecimento de expressões faciais. Para isso, foi utilizado um software baseado em redes neurais convolucionais, treinado com um conjunto específico de imagens capaz de classificar as emoções em três categorias: *good*, *bad* e *neutral*. Essa simplificação favoreceu o equilíbrio no processamento dos dados e garantiu respostas rápidas durante as interações em sala de aula. Assim, os alunos vivenciaram uma experiência diferenciada, na qual o reconhecimento de emoções passou a orientar decisões no jogo matemático, tornando-o mais dinâmico e envolvente.

O sistema funciona por meio da captura de imagens em tempo real, processadas pelo software e classificadas conforme a emoção predominante. A partir dessa classificação, um comando é enviado ao algoritmo de controle do robô, que responde movimentando-se para a esquerda, para a direita ou permanecendo em espera. Essa arquitetura criou uma ligação direta entre a expressão facial dos alunos e as ações do robô, estabelecendo uma ponte entre percepção emocional e resolução de desafios matemáticos. Nesse processo, o software de reconhecimento atuou como mediador central do fluxo de informações.

Além de demonstrar a viabilidade técnica da integração entre IA e Robótica Educacional, a experiência revelou um importante potencial pedagógico. Os alunos não apenas exploraram conceitos matemáticos e testaram hipóteses, mas também refletiram sobre a relação entre emoção, tecnologia e aprendizagem. A percepção de que suas expressões estavam sendo reconhecidas pelo robô despertou curiosidade, surpresa e novas formas de engajamento. O fluxo de informações, portanto, não se limitou à máquina, mas configurou um ciclo contínuo de ação, reação e reflexão entre estudantes e sistema.

Dessa forma, a inserção do Enigmatemático nesta pesquisa [não só exemplifica a integração entre Matemática, Robótica e Inteligência Artificial, como também aponta caminhos para novas práticas pedagógicas. Os resultados alcançados indicam possibilidades promissoras para investigações futuras, nas quais a IA poderá ter um papel ainda mais ativo na personalização e no dinamismo das experiências de ensino e aprendizagem.

Apêndice E - Imagem da tela da interface que abarca o sistema da IA.

The screenshot displays the GitHub interface for the repository 'lucasboscatti / EmotionDetection'. The repository is public and has 60 commits. The file list includes folders like 'ready_to_use_models/emotion_model', 'template', 'train', and 'utils', and files like '.gitignore', 'Dockerfile', 'README.md', and 'app.py'. The README file is expanded, showing the following content:

Project README

Lucas Boscatti's Final Project Nero

This project is a facial emotion detection system developed by Lucas Boscatti. It utilizes deep learning techniques to recognize and classify emotions in real-time from images or video sources. The project provides a user-friendly interface for running the emotion detection system with various options and configurations.

3. Run the following command to build the Docker image:


```
docker build --tag python-docker .
```
4. Run the following command to run the Docker image:


```
docker run -p 5000:5000 python-docker
```
5. Visit <http://localhost:5000> in your web browser to access the emotion detection system.
6. To stop the Docker container, run the following command:


```
docker stop python-docker
```

Additional instructions are provided below, including a duplicate of the run command and a final stop command.

Fonte: <https://github.com/lucasboscatti/EmotionDetection>