

Uso da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental

Use of Educational Robotics in the Learning Process of Plane Geometry in the Final Years of Elementary School

Thaymara Cristina de Souza Romulo¹
Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria²
Alexandre Santos Brandão³

Resumo: Neste artigo buscamos discutir as potencialidades da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Em uma perspectiva qualitativa, a produção de dados foi realizada com alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Viçosa – MG. Os dados são compostos por registros fotográficos, vídeos, folhas das atividades realizadas e anotações no caderno de campo. A análise foi realizada à luz dos quatro momentos das Investigações Matemáticas. Os resultados apontam que a Robótica Educacional, aliada às Investigações Matemáticas, propiciam um ensino dinâmico e lúdico, no qual o estudante assume um papel ativo na aprendizagem. Concluimos, portanto, que a Robótica Educacional possui potencial para impulsionar a aprendizagem, sobretudo em Matemática.

Palavras-chave: Educação Matemática. Tecnologias Digitais. Investigações Matemáticas. Robôs Educacionais. Educação Pública.

Abstract: In this article we aim to discuss the potential of Educational Robotics in the process of learning Plane Geometry in the final years of elementary school. From a qualitative perspective, the data was collected from students in the seventh year of elementary school at a public school in Viçosa – MG. The data consists of photographic records, videos, activity sheets and field notebook notes. The analysis was carried out in light of the four moments of mathematical investigations. The results indicate that Educational Robotics, combined with Mathematical Investigations, provide dynamic and playful teaching, in which the student takes an active role in learning. We conclude, therefore, that Educational Robotics has the potential to contribute to learning, especially in Mathematics.

Keywords: Mathematics Education. Digital Technologies. Mathematical Investigations. Educational Robots. Public Education.

1 Introdução

Vivemos um momento em que não se pode desprezar o potencial pedagógico das tecnologias digitais que, constantemente, emergem no cotidiano dos estudantes. Para Gonçalves e Faria Filho (2021), o relacionamento entre tecnologias digitais e Educação não é atual. A escola vem tentando acompanhar as evoluções tecnológicas, mas ainda vemos pouco avanço em relação à utilização das tecnologias digitais, apesar de termos conhecimento do quanto elas podem auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem (Borba, Canedo-Junior & Carvalho, 2022).

¹ Universidade Federal de Viçosa • Viçosa, Minas Gerais — Brasil • E-mail: thaymara.romulo@ufv.br • ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2952-3473>.

² Universidade Federal de Viçosa • Viçosa, Minas Gerais — Brasil • E-mail: rejane.faria@ufv.br • ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2422-969X>.

³ Universidade Federal de Viçosa • Viçosa, Minas Gerais — Brasil • E-mail: alexandre.brandao@ufv.br • ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-2218>.

Dentre as inovações tecnológicas, destacamos, neste trabalho, a Robótica que vem ganhando espaço na saúde, nas grandes indústrias e nas mídias. Já na Educação, a inserção das tecnologias digitais ainda ocorre de forma tímida, apesar dos estudos atestando que o uso da Robótica pode ser um excelente recurso para proporcionar um ensino significativo e eficaz para despertar o interesse dos estudantes, se explorado de forma intencional e planejada (Azevedo, Maltempi & Powell, 2022; Pereira *et al.*, 2023, Romulo *et al.*, 2023).

Embora o termo “robótica” esteja em constate evolução, o entendemos como responsável pelo estudo e desenvolvimento dos robôs, o que envolve autonomia, capacidade de sentir (possuir sensores que permitam ouvir, tocar, ver, cheirar), de agir e de atingir metas. Além disso, os robôs têm potencial para aprender e auxiliar no ensino, o que torna a robótica educacional uma ferramenta importante no que se refere à qualidade da educação (Campos, 2019; Matarić, 2014).

Na Educação Básica, a Robótica tem mostrado grande potencial. Na Educação Infantil é possível trabalhar introduzindo noções iniciais, despertando a curiosidade no que se refere às inovações e criando familiaridade com o assunto. Por meio dos estudos escolares integrados com a Robótica é possível evoluir quanto às investigações e conteúdos escolares em conformidade com a faixa etária e série escolar. Deste modo, seria possível perpassar o Ensino Fundamental e chegar ao Ensino Médio com uma ideia sólida a respeito da Robótica, o que possibilitaria abordá-la, de maneira mais complexa, na fase final da Educação Básica (Campos, 2019).

De acordo com Campos (2019), por meio da Robótica Educacional, podemos trabalhar conceitos de mecânica, elétrica, eletrônica e computação. Há, ainda, a possibilidade de usá-la para abordar diferentes conceitos relacionados às disciplinas escolares como Matemática, Física, Química e Ciências de maneira isolada ou mais abrangente, em uma perspectiva interdisciplinar.

A Robótica também instiga a busca por soluções a partir de reflexões e levantamento de hipóteses no desenrolar da construção do conhecimento em sala de aula, enaltecendo a importância da criticidade nos processos de ensino e de aprendizagem (Santos, 2020). Outrossim, ela viabiliza um ensino em que o conhecimento produzido em sala de aula ultrapassa as paredes escolares e auxilia na solução de problemas da sociedade, permitindo que o aluno construa uma relação de pertencimento no contexto escolar e desenvolva uma consciência cidadã e crítica (Azevedo, Maltempi & Powell, 2022).

Tendo ciência das razões supracitadas, este estudo integra o GT 06 – “Educação Matemática: Tecnologias Digitais e Educação a Distância” do IX Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática e se justifica pela relevância e atualidade da temática ao discutir as potencialidades da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Nessa perspectiva, este trabalho compreende a importância da inovação no ensino da Matemática e entende a necessidade de diferentes práticas que estimulem o interesse e a criatividade do estudante, tornando-o protagonista da construção do conhecimento. Esclarecemos que o estudo aqui apresentado faz parte de uma dissertação de mestrado em andamento no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Viçosa e que, portanto, os resultados apresentados são parciais.

2 O uso da Robótica Educacional no processo formativo em Matemática

Ao adentrar as salas de aula, não conseguimos imaginá-la sem os aparatos tecnológicos como quadro negro, papel e lápis que tanto auxiliam na rotina de estudos. Da

mesma forma, consideramos que os artefatos tecnológicos digitais devem ser incorporados ao cenário da Educação a fim de aperfeiçoar as práticas de ensino, tornando-as inclusivas, dinâmicas e contextualizadas. Defendemos essa ideia por entendermos que as tecnologias digitais podem colaborar para uma melhor compreensão e desenvolvimento das aulas transformando o espaço de aprendizagem em um ambiente agradável. Além disso, “a utilização das tecnologias digitais possibilita aos estudantes o desenvolvimento de habilidades que em outros contextos podem não ocorrer” (Cunha & Kaiber, 2021, p. 336) devido às tecnologias serem atores que condicionam a forma como agimos e pensamos no mundo (Lévy, 2010).

O uso dos recursos tecnológicos digitais favorece abordagens de temas de relevância social como também oportuniza desenvolver práticas de resolução de problemas em diferentes faixas etárias e níveis de escolaridade (Figueiredo, 2021). Tais temas e práticas instigam a curiosidade e o interesse da turma, o que torna os momentos de aprendizagem mais participativos. Charlot (2002) reitera ser essencial que o objeto de estudo faça sentido para o discente, evidenciando a importância de conhecê-lo. Além disso, é necessário que o professor tenha ciência do contexto no qual a escola está inserida para encontrar formas de atingir o interesse da classe. Outrossim, as tecnologias digitais podem encurtar os caminhos de aprendizagem, possibilitando ao docente meios de impactar positivamente os processos de ensino e de aprendizagem. Entretanto, é preciso que seja utilizada com adequação e explorando todo seu potencial, visto que, caso contrário, resulta em um elemento excludente que reforça as desigualdades (Carvalho & Borba, 2021).

Dentre as evoluções ocorridas no campo das tecnologias digitais destacamos o aumento dos mecanismos computadorizados. Atualmente, os robôs já não são motivos de espanto e estão cada vez mais popularizados, servindo de auxílio em várias áreas (Romulo *et al.*, 2023). Certamente, esta também é a realidade do cotidiano dos alunos. Logo, a comunidade escolar precisa adotar a Robótica entendendo que ela pode potencializar os processos de ensino e de aprendizagem, atendendo as demandas que emergem na sociedade, diminuindo as desigualdades sociais e capacitando o estudante para o futuro profissional.

Nesse sentido, a Robótica Educacional pode se tornar uma aliada dos educadores, uma vez que cria oportunidades de inovação do conhecimento, de aprendizagem colaborativa e de ensino contextualizado. A aprendizagem colaborativa permite ao estudante estabelecer discussões entre grupos e entre membros de um mesmo grupo em sala de aula de modo desinibido em relação ao erro e, nos momentos de explicação do raciocínio utilizado, exercer a comunicação e realizar análise do argumento criado. Logo, a Robótica no contexto escolar é também uma ferramenta para estabelecer reflexões frente às soluções encontradas, valorizando a construção do conhecimento bem como a criticidade desse processo (Santos, 2020).

Em geral, o uso da Robótica desperta a curiosidade e interesse dos alunos, o que fica evidente no entusiasmo dos estudantes diante dos robôs. Por conseguinte, temos aulas mais instigantes com participação ativa da turma (Campos, 2019). Apesar de compreendermos que a realidade financeira de muitas escolas públicas e a exaustiva rotina dos docentes dificultam a utilização dessas diferentes práticas, salientamos os resultados e as contribuições satisfatórias do uso da Robótica Educacional uma vez que a dinamicidade, o ambiente criativo e lúdico enriquecido por essas práticas potencializam o processo formativo em Matemática (Azevedo, 2022). O papel do professor em práticas envolvendo a Robótica Educacional consiste na atuação como mediador. Um papel ativo que tem por objetivo facilitar o processo de aprendizagem, sanar dúvidas, relembrar conceitos e fazer os questionamentos necessários para que os alunos possam encontrar a direção da solução quando estiverem desviando do

caminho certo (Campos, 2019).

Incorporar a Robótica ao cenário Educacional requer vinculá-la ao currículo escolar. Azevedo (2022) demonstra que é possível estabelecer conexões entre o currículo matemático e o universo da Robótica. Segundo o autor, ao distribuir responsabilidades aos alunos durante as atividades previamente planejadas, é possível que eles assumam o protagonismo em relação à construção do conhecimento. Essa postura contribui para a construção de sujeitos responsáveis, preocupados e atentos com a comunidade, além de dotados de diferentes habilidades interpessoais e socioemocionais.

De acordo com D'Ambrosio (2009), a Educação Matemática deve contemplar aspectos culturais de modo que o ensino seja voltado para sociedade na qual a escola está inserida e não somente para memorização e repetição de exercícios. Para o autor, o ensino precisa superar as barreiras da escola valendo-se dos conhecimentos ali construídos em prol dos desafios da comunidade. Na perspectiva da Educação Matemática, atividades envolvendo Robótica em um estudo investigativo promovem o amadurecimento de habilidades essenciais na resolução de problemas como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos (Azevedo, 2022).

Concordamos 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). Nesse cenário, a Robótica Educacional pode compor um espaço propício para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares no qual relacionamos diferentes conteúdos e conceitos. Ao utilizá-la, podemos criar um ambiente de aprendizagem envolvente, agradável e curioso, promovendo experiências positivas desde a infância (Pereira *et al.*, 2023).

Visando melhor aproveitamento das práticas em sala de aula e um bom desempenho dos estudantes, ao trabalhar a Robótica Educacional é necessário que os planejamentos estejam fundamentados às abordagens que tenham foco no aprendizado por meio do fazer, em que haja experiência prática e interação com o meio, sendo possível construir ideias e representá-las no mundo real (Papert, 1980). Atuando dessa maneira, o estudante adquire a habilidade de identificar o pensamento mecânico e esse estímulo direciona o aluno a uma maior confiança sobre a capacidade de escolher um estilo cognitivo adequado ao problema.

O autor destaca, ainda, que o uso das máquinas ajuda no desenvolvimento do pensamento computacional. O Pensamento Computacional pode ser definido como a capacidade de desenvolver um posicionamento crítico em relação aos computadores, à internet e às outras inovações digitais, utilizando as tecnologias para impulsionar a criatividade, a produtividade e as habilidades cognitivas e técnicas dos seres humanos (Wing, 2006). 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).

Isto posto, consideramos que ações como navegar em sites ou copiar e colar dados não configuram o que se entende por pensamento computacional. O aluno precisa ser capaz de encaminhar suas ideias para construção de inovações e para resolver situações relativas à sua rotina por meio de uma postura crítica. Dessa forma, incorporar o pensamento computacional

ao currículo escolar é uma alternativa promissora para impulsionar a qualidade da Educação. Trabalhar com o pensamento computacional permite aos professores investir em situações e problemas reais nos quais os estudantes exploram tanto as habilidades matemáticas como as de programação, abarcando uma variedade de conhecimentos. Destacamos, contudo, a necessidade de que tais problemas reais sejam oriundos de atividades investigativas com grande potencial nos processos de ensino e de aprendizagem como apresentaremos no cenário das Investigações Matemáticas a seguir.

3 Investigações Matemáticas

Na infância, a curiosidade protagoniza a aprendizagem e, então, iniciamos as investigações e conquistamos nossas primeiras descobertas. Nessa fase, estamos sempre questionando o que ocorre ao nosso redor, mas, com o passar do tempo, a dúvida e a curiosidade vão dando lugar às definições e aos conceitos ensinados, contribuindo para que aceitemos as respostas que nos são dadas. No âmbito escolar, a figura do adulto é manifestada principalmente pelos professores que devem se expressar com palavras e atitudes de ânimo e encorajamento da imaginação, da invenção e da inovação dos alunos. É importante valorizar o raciocínio ao invés da mera realização de exercícios de memorização descontextualizados e rasos, responsáveis pelo bloqueio criativo e desinteresse dos alunos pelos estudos. Assim, o professor deve se preocupar em tornar a aprendizagem mais prazerosa, promovendo tarefas interessantes (Faria & Maltempo, 2020).

Freire (2002) diferencia curiosidade ingênua, predominante na infância, da curiosidade epistemológica e afirma que somente há aprendizagem efetiva quando parte dessa última permite ao estudante refletir criticamente sobre os fatos e buscar soluções cada vez mais abrangentes. Dessa forma, o papel dos docentes consiste em auxiliar os alunos a lapidar a curiosidade ingênua a fim de que se torne epistemológica, a qual excede o senso comum, tornando os discentes mais autônomos diante a criticidade desse processo (Carvalho & Borba, 2021).

A abordagem das Investigações Matemáticas, por sua vez, pode contribuir para a formação de alunos questionadores, autônomos, criativos e capazes de utilizar o conhecimento produzido na sala de aula para resolver problemas do cotidiano e se tornarem cidadãos críticos e conscientes. Consideramos que pensar em um ensino de matemática significativo envolve o uso indispensável das investigações no âmbito da sala de aula, uma vez que elas podem propiciar autonomia aos alunos. Deste modo, esta abordagem tende a permitir que os alunos se envolvam de forma profunda na atividade, o que, por sua vez, proporciona uma compreensão significativa dos conceitos matemáticos. Através de um processo de abstração, de análise e de síntese, os alunos podem desenvolver uma aprendizagem sólida em Matemática, uma vez que eles são desafiados a resolver problemas e explorar conceitos matemáticos de forma ativa ao invés de receber informações de maneira passiva. Essa abordagem estimula o pensamento crítico, promove a compreensão conceitual e motiva os alunos a aplicarem a matemática de forma contextualizada (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009).

Para D'Ambrósio (2009), a Matemática deve ser ensinada para além das fórmulas, transcendendo o âmbito escolar e passando a fazer parte da resolução dos problemas da sociedade, proporcionando ferramentas de modo a amenizá-los ou solucioná-los. O autor declara ainda que o ensino da Matemática deveria ter por objetivo promover a paz entre os povos a partir do desenvolvimento de cidadãos conscientes, ativos, criativos, reflexivos e, principalmente, críticos. Nesse sentido, é essencial “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, Maltempi & Powell, 2022, p. 217).

Na Geometria Plana, as investigações abarcam experiências de aprendizagem importantes, evidenciando a relevância de estudar conceitos do ponto de vista experimental e indutivo, explorando situações da vida real. Nesse contexto, os educadores atuam como mediadores, podendo valer-se de várias ações para provocar as discussões como partir de um erro, iniciar com a explicação do grupo que teve destaque na tarefa realizada ou até mesmo a semelhança presente nos trabalhos, incitando a discussão coletiva. Para tanto, após atingir a comunicação de muitas ideias, torna-se necessário filtrar as informações para chegar ao propósito da aula, isto é, desafiar os alunos no sentido de instigá-los a raciocinar com a intenção de clarificação das ideias, fornecendo outras informações visando alcançar o foco e, finalmente, apoiar os grupos para despertar a confiança nos resultados e, assim, conseguir validar suas conclusões (Rodrigues, Ponte & Menezes, 2020).

Rodrigues, Ponte e Menezes (2020) alertam que é preciso atenção especial durante a mediação das discussões coletivas na sala de aula visto que, em razão do tempo, os professores podem expor suas ideias para aproximar do objetivo da aula, impedindo que esta iniciativa venha dos alunos. Em vista disso, necessita-se organizar o tempo para a turma pensar e responder sem a influência do docente. Assim, as práticas envolvendo as Investigações Matemáticas em sala de aula propiciam explorar problemas, elaborar hipóteses, realizar testes e demonstrações. De igual modo, a produção da escrita envolvida nesse processo colabora para ampliação, desenvolvimento e entendimento das ideias matemáticas e, à medida que abarca os pensamentos, os sentimentos e a afetividade, também fornece uma reflexão crítica da prática (Figueiredo, 2021). Dessa forma,

[...] 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, a demonstração e validação do trabalho realizado. (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009, p. 20).

Conforme apresentam Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), para um bom desenvolvimento das atividades, torna-se crucial contemplar quatro momentos no planejamento. No primeiro momento, que é o ponto de partida, o aluno deve realizar o exercício da leitura atenta buscando captar as informações necessárias, desenvolvendo habilidade de concentração. Já no segundo, é preciso estimular a capacidade de decomposição do problema ao formular conjecturas. Na realização dos testes, no terceiro momento, ao procurar meios para validação do que foi feito, o estudante exercita a criatividade e retoma seus conhecimentos. E, por fim, ao justificar e avaliar o trabalho realizado, ocorre o momento final, em que o educando fortalece a habilidade de se comunicar.

4 Metodologia

Nesta pesquisa utilizamos uma abordagem qualitativa, visto que buscamos compreender o fenômeno como um todo e não apenas os resultados finais. Dessa maneira, atentando-nos à complexidade da pesquisa, realizamos uma análise cuidadosa compreendendo diversas perspectivas (Lüdke & André, 2013). No âmbito da pesquisa qualitativa, a análise e o processamento dos dados foram realizados com responsabilidade, evitando ambiguidades, omissão de informações e distorção dos dados (Bogdan & Biklen, 1994). Ressaltamos que,

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).

Faz-se necessário, então, considerar as subjetividades do pesquisador e do objeto de pesquisa, dado que estes influenciam direta ou indiretamente na produção e análise dos dados (Bogdan & Biklen, 1994). Conforme apontam Lüdke e André (2013), em estudos como este, o investigador pode observar a experiência investigada enquanto participa ativamente do processo.

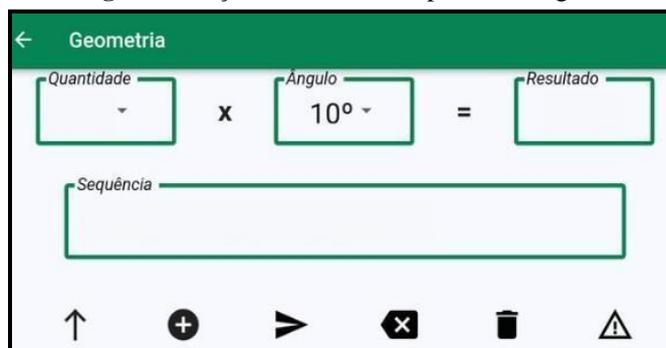
Nessa perspectiva, os dados foram produzidos no primeiro semestre de 2024, na Escola Estadual Raul de Leoni (Viçosa, Minas Gerais, Brasil). Os sujeitos da pesquisa foram dez alunos de uma turma do sétimo ano do Ensino Fundamental (dos quatorze alunos matriculados, quatro faltaram às aulas). Foram realizados dois encontros de duas horas-aula cada um nos horários habituais das aulas de Matemática com apoio do professor de Matemática da turma. Nos encontros, realizamos atividades investigativas de Matemática com auxílio da Robótica. Para tanto, utilizamos o robô esteira (Figura 1) controlado pelo aplicativo Tagbot (Figura 2) em um *smartphone* por meio do *bluetooth* que realiza movimentos de 10°, 12°, 15° e 90°. Tanto o robô quanto o aplicativo foram desenvolvidos no âmbito do 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, grupos de pesquisa dos quais os autores são membros.

Figura 1: Imagem do Robô esteira.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Seção Geometria do aplicativo Tagbot.



Fonte: Autoria própria.

Nesse processo, alguns membros do NERO e do GATE desempenharam funções específicas. O mestrando em Ciências da Computação, Guilherme Pinel, contribuiu com o suporte técnico dos robôs. O mestrando em Educação, Augusto César, também professor da turma, a orientadora, Profa. Dra. Rejane Faria, e a mestranda em Educação, 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 filmagens.

Na atividade de cunho investigativo, os estudantes deveriam montar um passo a passo para construir dois polígonos regulares, a saber: um triângulo equilátero e um quadrado. Assim, conhecendo o funcionamento do aplicativo e sabendo que os ângulos poderiam ser somados até dez vezes, a turma realizou a tarefa dispondo de transferidor, régua e materiais para auxiliá-los. Por fim, eles executaram os comandos analisando os erros e adequando os passos.

Salientamos, como supracitado, que os resultados a serem apresentados a seguir são parciais devido ao volume de dados produzidos na pesquisa. Portanto, nesse artigo, analisamos parte da primeira etapa da produção de dados em que trabalhamos com o robô esteira, o aplicativo e as Investigações Matemáticas. O trabalho com a Inteligência Artificial e as Investigações Matemáticas por meio de um robô terrestre que reconhece expressões faciais será apresentado em um artigo que compõe a dissertação de mestrado em andamento.

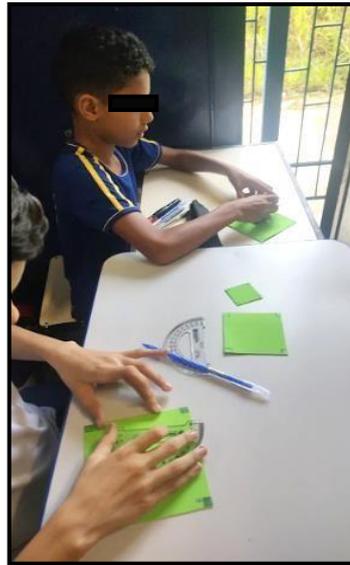
Esclarecemos que os dados analisados são compostos por registros fotográficos, vídeos, folha das atividades realizadas e anotações registradas no caderno de campo. Estes dados são analisados na seção a seguir à luz dos quatro momentos das Investigações Matemáticas (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009).

5 Análise e Discussão dos Resultados

No decorrer dos encontros, a pesquisadora e a equipe de pesquisa assumiram o papel de mediadores desse processo, colaborando para que ocorresse a construção do conhecimento e cuidando para que as discussões não fugissem do foco (Rodrigues, Ponte & Menezes, 2020). Além disso, conforme indicado por Freire (2002), a pesquisadora estimulava a curiosidade dos alunos a todo momento, auxiliando os estudantes com perguntas direcionadas para que alcançassem a curiosidade epistemológica que contempla a criticidade dos processos.

Logo de início foi perceptível o entusiasmo dos estudantes em relação aos materiais manipuláveis e ao robô, tornando os processos de ensino e de aprendizagem prazerosos, o que permitiu que contássemos com a participação ativa dos alunos nos encontros (Campos, 2019; Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). Assim, nesse primeiro momento da atividade investigativa, que corresponde ao reconhecimento e exploração do problema, os alunos entenderam que precisavam descobrir os ângulos internos do polígono regular para realizar sua construção (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). No entanto, alguns apresentavam dificuldades para manusear o transferidor, como mostra a Figura 3, fato que acentua a importância do professor como mediador.

Figura 3: Alunos participando ativamente do processo de exploração do problema.



Fonte: Autoria própria.

Os alunos participaram ativamente desse processo de exploração e, quando encontravam diferentes valores para os ângulos, discutiam entre si até chegarem a um consenso. Os estudantes desenvolviam, sobretudo no primeiro momento, o raciocínio lógico bem como a capacidade de tomada de decisão, habilidades muito comuns no cenário das Investigações Matemáticas (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). Ainda nessa etapa da investigação, surgiram algumas dúvidas em relação aos conceitos matemáticos e coube à pesquisadora lembrá-los que “um polígono convexo é regular se, e somente se, tem todos os lados congruentes (equilátero) e todos os ângulos congruentes (equiângulo)” (Dolce & Pompeo, 2013, p. 136). Também foi preciso lembrá-los que triângulos são “equiláteros se, e somente se, têm os três lados congruentes” (Dolce & Pompeo, 2013, p. 36) 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). Ao longo do encontro, a pesquisadora oferecia informações sobre a Geometria Plana a fim de auxiliar os alunos sem influenciá-los na tomada de decisões.

Já no segundo momento das atividades investigativas que corresponde a formulação de conjecturas (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009), a turma recebeu uma folha para organizar a resolução do problema após a discussão realizada pelo grupo. Esta produção escrita foi importantíssima para a compreensão de ideias matemáticas e para o desenvolvimento da reflexão crítica sobre a atividade em pauta (Figueiredo, 2021).

Com o protagonismo dos alunos, a aprendizagem passa a ser colaborativa e eles aprendem e ensinam coletivamente, demonstrando que a abordagem das Investigações Matemáticas favorece o desenvolvimento de estudantes questionadores e ativos, potencializando o processo de aprendizagem de Geometria Plana (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). Outrossim, a Robótica Educacional permite ao educador realizar descobertas no momento da atividade e aprender com as próprias experiências dos estudantes (Campos, 2019). Nessa etapa, durante o processo da escrita, os alunos que não estavam executando a ação diretamente permaneciam atentos à atividade auxiliando o colega, como ilustra a Figura 4.

Figura 4: Estudantes no processo de organização da resolução.



Fonte: Autoria própria.

O refinamento das conjecturas ocorreu no terceiro momento das Investigações Matemáticas. Trata-se do período em que emergem as primeiras conclusões (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). Nesta etapa, os alunos foram convidados a apresentar para a turma as conclusões alcançadas pelo grupo, como ilustra a Figura 5. Expressando suas ideias, o aluno exercita a capacidade de comunicar-se explicitando seu raciocínio, uma habilidade essencial para a vida em sociedade. Concordando com Faria e Maltempi (2020), há uma necessidade de o ensino superar o modelo de memorização de exercícios, ultrapassando as paredes da escola de modo a favorecer aspectos relevantes à sociedade.

Figura 5: Exposição da conclusão do grupo para a turma.



Fonte: Autoria própria.

Por fim, o quarto momento das Investigações Matemáticas consistiu na realização de testes e na análise dos resultados (Ponte, Brocardo & Oliveira, 2009). Assim, os estudantes puderam testar a resolução elaborada e, de posse dos resultados, foram questionados pela pesquisadora quanto aos erros e acertos, como mostra um exemplo da Figura 6.

Figura 6: Realização dos testes e análise do resultado.

Fonte: Autoria própria.

Ao passar suas ideias para o concreto, os estudantes se mostraram engajados, adquirindo habilidades que auxiliam na sua vida pessoal (Papert, 1980). Cunha e Kaiber (2021) alegam que tais habilidades desenvolvidas a partir das tecnologias digitais colaboram para a formação do sujeito como cidadão. Durante a realização dos testes, os alunos rapidamente procuravam o motivo pelo qual a resolução do problema havia dado errado e quais foram os erros, o que tornou esse momento de validação enriquecedor, uma vez que houve o estímulo de habilidades do pensamento computacional como reconhecimento de padrão, algoritmo e abstração (Azevedo, 2022; Wing, 2006). Em especial, a abstração é uma importante habilidade que emerge desde o início da prática no momento que os alunos precisam ponderar a respeito dos passos necessários para a realização da tarefa e, para isso, necessitam pensar acerca dos conhecimentos já produzidos, mobilizando seus conhecimentos prévios, em uma recorrente e espontânea reflexão. Wing (2011) salienta que tal prática requer uma postura ativa, crítica e criativa mediante um problema, diferenciando de uma mera resolução de atividade. Dessa forma, a abstração possibilita dimensionar e lidar com a complexidade, tornando-se, por isso, uma das habilidades essenciais do pensamento computacional.

Durante a realização dos testes, os estudantes notaram que algumas sequências nem mesmo eram reconhecidas pelo aplicativo, uma vez que não atendiam ao que foi inicialmente proposto. Assim, eles entenderam que, como o objetivo era formar um polígono regular, a sequência não poderia ter dois comandos seguidos para rotacionar o ângulo ou referente a avançar para frente na construção. Outras sequências, apesar de serem reconhecidas pelo aplicativo, não chegaram ao resultado esperado, isto é, não construíram o quadrado ou o triângulo equilátero. Logo, a turma percebeu que existia um padrão a ser seguido para cada polígono regular que desejasse construir que dependia da quantidade de lados e do ângulo interno necessário para sua construção. De acordo com Azevedo (2022, p. 44), “o reconhecimento de padrões contribui na identificação de processos que se repetem lógico e ordenadamente”.

No que concerne ao algoritmo, foi possível perceber que os educandos adquiriram uma noção do que se tratava no momento em que verificaram que não conseguiam entender o que o colega havia proposto em seu trabalho devido à omissão de passos ou ainda à descrição pouco detalhada do que deveria ser feito. Compreenderam, portanto, que o algoritmo consiste em um conjunto de regras analíticas e lógico-procedurais que seguem não apenas uma sequência lógica de passos, mas também obedecem a uma estrutura lógica rigorosa. Dessa forma, o algoritmo é definitivamente construído com um número finito de etapas, permitindo solucionar determinado problema (Azevedo, 2022).

Esse momento de testes e análises dos resultados contou com a participação significativa dos estudantes que se mostraram curiosos e questionadores, sempre procurando uma justificativa diante de um erro ou até mesmo de um acerto. Entretanto, o escasso tempo das aulas comprometeu o bom aproveitamento dessa etapa final. Algo que poderia ter otimizado a relação com o tempo é a quantidade de robôs, uma vez que dispomos apenas de uma unidade para atender toda a turma.

Apesar do tempo limitado, destacamos que a Robótica Educacional vinculada às Investigações Matemáticas é excelente para promover o ensino da Geometria Plana, evidenciando os diferentes ângulos e proporcionando um ensino inovador. Assim, os dados apontam a Robótica Educacional como uma importante ferramenta para, a partir das soluções encontradas, estabelecer reflexões críticas (Santos, 2020). No que diz respeito ao engajamento dos alunos, a Robótica foi capaz de instigar a curiosidade e de tornar a sala de aula um ambiente propício para o trabalho em grupo no qual as discussões, ainda que generalistas, não se desviavam do foco da atividade.

6 Considerações Finais

Este artigo teve por intuito discutir as potencialidades da Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Para tanto, destacamos a investigação realizada com estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental a partir de encontros em que realizaram atividades investigativas de Matemática com auxílio da Robótica.

Os resultados mostraram que a Robótica Educacional desperta o entusiasmo dos estudantes, o que colaborou para a realização das atividades de Geometria Plana, transformando o espaço da sala de aula em um ambiente agradável e participativo. O momento de aprendizagem tornou-se prazeroso, interessante e instigante, potencializando, dessa forma, o processo formativo em Matemática. Além disso, as contribuições aqui expostas apontam que, quando um desafio é proposto, o trabalho em grupo se desenvolve de modo em que há a participação de todos, evitando a sobrecarga de algum aluno e a distração somente com a parte lúdica das atividades, dos robôs e dos aplicativos. Nas discussões coletivas, os alunos se mostraram desinibidos, conseguindo corrigir o colega e sanar suas dúvidas entre eles ou com o auxílio da equipe de pesquisa. Além disso, eles aprendem e ensinam coletivamente, enfatizando que a Robótica Educacional pode impactar positivamente a Educação Matemática, tornando o processo de aprendizagem menos técnico e mais dinâmico, criativo e significativo.

Embora tenham sido apresentadas diversas potencialidades de trabalho com Robótica Educacional no processo de aprendizagem da Geometria Plana nos Anos Finais do Ensino Fundamental, reconhecemos as limitações deste estudo realizado com uma turma pequena, em dois encontros, com apenas um robô. Contudo, consideramos que as discussões aqui realizadas apresentam insights valiosos para estudos futuros, originados, principalmente, das lacunas dessa pesquisa. Deste modo, incentivamos o surgimento de pesquisas futuras capazes de realizar as mesmas atividades que propomos, ou ainda outras novas com a mesma temática, em diferentes turmas, com número menor ou maior de alunos, além de realizá-las utilizando um robô por equipe e com maior tempo para prática.

Concordamos que há um caminho a percorrer no que diz respeito à implementação da Robótica no âmbito Educacional. Entretanto, tendo em vista os resultados satisfatórios da prática realizada, destacamos o potencial da Robótica Educacional para impulsionar os processos de ensino e de aprendizagem sobretudo em Matemática. Além disso, ao trabalhar

com Robótica Educacional nas escolas públicas, contribuímos para a igualdade de oportunidades e para a construção de sujeitos conscientes, críticos e reflexivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 408155/2022-1, por fornecer os subsídios necessários para a realização desta pesquisa. Além disso, o presente trabalho foi realizado com apoio dos membros do projeto “Educação Matemática e Robótica Social: potencialidades e desafios no contexto da Educação Básica” (APQ-04493-23) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

- Azevedo, G. T. (2022). *Processo formativo em matemática: Invenções robóticas para o Parkinson* (Tese de doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, SP.
- Azevedo, G. T., Maltempo, M. V., & Powell, A. B. (2022). Contexto formativo de invenção robótico-matemática: pensamento computacional e matemática crítica. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 36(72), 214-238.
- Borba, M. C., Canedo-Junior, N. R., & Carvalho, G. S. (2022). O estar no mundo com as tecnologias: seres-humanos-com-mídias: etnomatemática, Geni, Zepellin e o inédito viável. In J. C. Valle (Org.), *Paulo Freire e educação matemática: há uma forma matemática de estar no mundo* (Vol. 1, pp. 39-63). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução às teorias e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Campos, F. R. (2019). *A robótica para uso educacional*. São Paulo, SP: Senac Editora.
- Carvalho, G. S., & Borba, M. C. (2021). Festival de vídeos e educação matemática na pandemia. In *Anais do VIII Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática* (pp. 1245-1261). Uberlândia, MG.
- Charlot, B. (2002). *Da relação com o saber: elementos para uma teoria*. Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul.
- Cunha, D. S. R., & Kaiber, C. T. (2021). O uso de metodologias ativas e tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem da matemática no ensino fundamental. In *Anais do VIII Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática* (pp. 324-338). Uberlândia, MG.
- D'Ambrosio, U. (2009). *Educação matemática: Da teoria à prática* (17. ed.). Campinas, SP: Papirus Editora.
- Dolce, O., & Pompeo, J. N. (2013). *Fundamentos da matemática elementar 9: Geometria plana* (9. ed.). São Paulo, SP: Atual.
- Faria, R. W. S. C., & Maltempo, M. V. (2020). Raciocínio proporcional na matemática escolar. *Revista Educação em Questão*, 58(57), 1-18.
- Figueiredo, F. F. (2021). O design de problemas abertos e fechados com o uso de tecnologias digitais para o ensino da matemática. In *Anais do VIII Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática* (pp. 282-295). Uberlândia, MG.
- Freire, P. (2002). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa* (25. ed.).

- São Paulo, SP: Paz e Terra Editora.
- Gonçalves, I. A., & Faria Filho, L. M. (2021). Tecnologias e educação escolar: a escola pode ser contemporânea do seu tempo? *Educação & Sociedade*, 42, 1-14.
- Lévy, P. (2010). *Tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática* (2. ed.). São Paulo, SP: Editora 34.
- Lüdke, M., & André, M. (2013). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. Rio de Janeiro: E.P.U.
- Martins, D. J. S., & Oliveira, F. C. S. (2023). Pensamento computacional para crianças por meio do projeto de extensão Academia Hacktown. *Caderno Cedes*, 43(120), 33-44.
- Matarić, M. J. (2014). *Introdução à robótica* (1. ed.). São Paulo: Blucher.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books, Inc.
- Pereira, J. M., Oliveira, R. M. S., Andrade, S. C. F., Romulo, T. C. S., Santos, S. C., Faria, R., & Brandão, A. S. (2023). 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)* (pp. 678-682). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332990>. Acesso em: 20 fev. de 2024.
- Ponte, J. P., Brocardo, J., & Oliveira, H. (2009). *Investigações matemáticas na sala de aula* (2. ed.). Belo Horizonte, MG: Autêntica.
- Rodrigues, C., Ponte, J. P., & Menezes, L. (2020). Práticas discursivas de professores de matemática na condução de discussões coletivas. *Quadrante*, 29(2), 24-46.
- Romulo, T. C. S., Boscatti, L. P., Faria, R. W. S. C., & Brandão, A. S. (2023). 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)* (pp. 35-40). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332925>. Acesso em: 20 fev. de 2024.
- Santos, I. (2020). *Projeto pedagógico com robótica* (1. ed.). São Paulo, SP: Contentus.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking: the beginning. *Communications of the ACM*, 24(3), 33-35.
- Wing, J. M. (2011). Research notebook: Computational thinking: what and why. *TheLink*, 6, 20-23.