

Inovação Científico-Robótica e Formação Matemática: Concepções de estudantes-inventores para Impacto Social

Greiton Toledo de Azevedo

Instituto Federal Goiano

Goiânia, GO — Brasil

✉ greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br

ORCID [0000-0002-2681-1915](https://orcid.org/0000-0002-2681-1915)

Gene Maria Vieira Lyra Silva

Universidade Federal de Goiás

Goiânia, GO — Brasil

✉ gene.lyra@gmail.com

ORCID [0000-0002-3344-384X](https://orcid.org/0000-0002-3344-384X)

Marcus Vinicius Maltempi

Universidade Estadual Paulista

Rio Claro, SP — Brasil

✉ marcus.maltempi@unesp.br

ORCID [0000-0001-5201-0348](https://orcid.org/0000-0001-5201-0348)



2238-0345 

10.37001/ripem.v16i2.4626 

Recebido • 02/06/2025

Aprovado • 06/03/2026

Publicado • 28/08/2026

Editoria • Edvonete Souza de Alencar 

Veridiana Rezende 

Resumo: Esta pesquisa investiga as concepções de estudantes do Ensino Médio durante o desenvolvimento de inovações robótico-computacionais com impacto social, no âmbito da formação em Matemática. Realizada no Laboratório de Invenções Tecnológicas do IF Goiano, a pesquisa envolveu a criação da invenção científico-computacional Car-Robótica, voltada para o tratamento da Doença de Parkinson. Os dados, coletados por meio de ferramentas computacionais, registros fotográficos e entrevistas, foram analisados qualitativamente com base no referencial do Construcionismo e do Pensamento Computacional, utilizando o método de Triangulação de Dados. Os resultados evidenciam que as concepções dos estudantes acerca do papel da Matemática se estruturam principalmente em três dimensões interrelacionadas: i) o entendimento técnico-científico, que inclui o aprofundamento dos conhecimentos matemáticos e computacionais necessários para o desenvolvimento da invenção; ii) o reconhecimento do caráter inovador e criativo do processo formativo, marcado pela experimentação, cientificidade e resolução de problemas; e iii) a percepção do impacto social da invenção, vinculando a Matemática a propósitos humanos, éticos e coletivos. Essas dimensões refletem a complexidade da aprendizagem Matemática quando articulada a projetos que promovem engajamento tecnológicos, protagonismo estudantil e responsabilidade social.

Palavras-chave: Matemática e Sociedade. Robótica. Construcionismo. Educação Matemática. Ensino Médio.

Scientific-Robotic Development within Mathematics Education: Computational Thinking and Social Relevance

Abstract: This research investigates the conceptions of high school students during the development of robotic-computational innovations with social impact, within the context of mathematics education. Conducted at the Technological Inventions Laboratory of IF-Goiano, the study involved the creation of a scientific-computational invention called Car-Robótica, aimed at supporting the treatment of Parkinson's disease. The data, collected through computational tools, photographic records, and interviews, were qualitatively analyzed based on the frameworks of Constructionism and Computational Thinking, using the Data Triangulation method. The results reveal that students' conceptions about the role of

Mathematics are mainly structured around three interrelated dimensions: (i) technical-scientific understanding, which includes the deepening of mathematical and computational knowledge necessary for the invention's development; (ii) recognition of the innovative and creative nature of the process, characterized by experimentation and problem-solving; and (iii) perception of the invention's social impact, linking Mathematics to human, ethical, and collective purposes. These dimensions reflect the complexity of mathematics learning when connected to projects that foster active engagement, student protagonism, and social responsibility.

Keywords: Mathematics and Society. Robotics. Constructionism. Mathematics Education. High School.

Innovación Científico-Robótica y Formación Matemática: Concepciones de Estudiantes-Inventores para el Impacto Social

Resumen: Esta investigación explora las concepciones de estudiantes de Educación Media durante el desarrollo de innovaciones robótico-computacionales con impacto social, en el ámbito de la formación Matemática. Realizada en el Laboratorio de Invenciones Tecnológicas del IF-Goiano, la investigación implicó la creación de la invención científico-computacional Car-Robótica, orientada al tratamiento de la enfermedad de Parkinson. Los datos, recolectados mediante herramientas computacionales, registros fotográficos y entrevistas, fueron analizados cualitativamente a partir del marco teórico del Construcionismo y del Pensamiento Computacional, utilizando el método de Triangulación de Datos. Los resultados evidencian que las concepciones de los estudiantes sobre el papel de la Matemática se estructuran principalmente en tres dimensiones interrelacionadas: (i) la comprensión técnico-científica, que incluye la profundización en los conocimientos matemáticos y computacionales necesarios para el desarrollo de la invención; (ii) el reconocimiento del carácter innovador y creativo del proceso formativo, marcado por la experimentación, la científicidad y la resolución de problemas; y (iii) la percepción del impacto social de la invención, vinculando la Matemática con propósitos humanos, éticos y colectivos. Estas dimensiones reflejan la complejidad del aprendizaje matemático cuando se articula con proyectos que promueven el compromiso tecnológico, el protagonismo estudiantil y la responsabilidad social.

Palabras clave: Matemáticas y Sociedad. Robótica. Construccinismo. Educación Matemática. Educación Secundaria.

1 Introdução

Os conhecimentos matemáticos, integrados aos fundamentos da computação, exercem papel essencial na concepção de inovações científico-robóticas inéditas, com potencial significativo para promover transformações sociais positivas. Pesquisas evidenciam que a articulação entre a Matemática e a Robótica se configura como uma estratégia promissora para a formação de estudantes do Ensino Médio criativos e inovadores, capazes de intervir em contextos sociais e multifacetados (Sfard, 2015; Papert, 2008; Resnick, 2017, 2024; Blikstein, Valente; Moura, 2020). Todavia, persiste entre muitos discentes uma percepção negativa acerca da Matemática, frequentemente compreendida como uma disciplina excessivamente abstrata e desvinculada das práticas sociais, o que compromete seu potencial transformador (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira [Inep], 2023; Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura [Unesco], 2021; Sociedade Brasileira de Computação [SBC], 2023).

O imaginário restritivo que ainda permeia o ensino de Matemática frequentemente a reduz a um conjunto de técnicas operatórias, esvaziando-a de sua natureza epistemológica enquanto linguagem simbólica, criativa e instrumento de mediação na modelagem e resolução

de problemas oriundos da realidade (D'Ambrosio, 2011). Em contraposição a essa perspectiva tecnicista, a literatura contemporânea em Educação Matemática tem reiterado a necessidade premente de ressignificar os processos formativos, deslocando o foco da mera reprodução de algoritmos e fórmulas para práticas que promovam o protagonismo discente na construção de conhecimentos matemáticos vinculados à criação de soluções tecnológicas com significado subjetivo e implicações sociais concretas (Azevedo, 2022). Ainda que se verifiquem avanços teóricos na valorização da inovação e da autoria estudantil, constata-se, sob uma perspectiva histórica, que essa preocupação não é recente — conforme já apontavam Miguel, Fiorentini e Miorin (1992), Fiorentini (1995) e Ball (1990). Todavia, persistem lacunas na produção científica no que se refere à compreensão dos processos pelos quais estudantes atribuem sentido à Matemática ao atuarem como inventores em projetos científico-tecnológicos de base robótica com finalidade e responsabilidade social (Skovsmose & Valero, 2021).

Embora a literatura específica de inovação robótica e invenção matemático-computacional reconheça a importância da inovação e do protagonismo estudantil na formação Matemática (Blikstein & Valente, 2018; Valente, 2016; Resnick, 2024; X, 2025), são escassos os estudos que analisam as concepções Matemáticas de estudantes envolvidos no desenvolvimento robótico, entendido como o processo por soluções tecnológicas inteligentes que atuem fisicamente para facilitar tarefas humanas. Essa lacuna indica a necessidade de pesquisas que investiguem como esses estudantes constroem significados para a Matemática em contextos de criação tecnológica e engajamento social.

Definimos, nesta pesquisa, os *Estudantes-Inventores* como sujeitos que superam a reprodução mecânica dos conteúdos curriculares, assumindo um papel ativo e criativo na proposição de soluções tecnológicas inovadoras para problemas concretos da sociedade. Com o objetivo de compreender como esses estudantes atribuem significado e sentido à Matemática, adotamos a noção de concepções, fundamentada na perspectiva comunicacional de Sfard (2008) e na teoria do Construcionismo de Papert (2008), segundo as quais o conhecimento matemático é entendido como uma prática discursiva, cultural e situada. As *Concepções*, nesse contexto, referem-se a formas de participação discursiva por meio das quais os aprendizes constroem significados, atuam, comunicam-se e expressam emoções, ideias e sentimentos relacionados à experiência Matemática em contextos reais e socialmente mediados.

Essa abordagem é fortalecida pelas contribuições de Ponte (1992), que evidencia o caráter pessoal e social das concepções no processo educativo, bem como por Radford (2006) e Resnick (2017), ao apontarem que essas concepções emergem de interações sociais mediadas por tecnologias, linguagem e ação no mundo. Compreender os sentidos atribuídos pelos estudantes à Matemática em experiências concretas e socialmente significativas permite repensar sua formação para além de práticas mecanicistas e ritualizadas, comumente limitadas à repetição de exercícios descontextualizados. Nessa perspectiva, a Matemática, articulada à invenções científico-robóticas, é concebida, neste trabalho, não apenas como um conjunto de procedimentos formais, mas como uma linguagem situada, historicamente construída e dotada de potencial emancipatório, capaz de atuar como instrumento de transformação social.

Partimos da premissa de que escutar ativamente os estudantes permite acessar os modos pelos quais constroem sentidos para suas aprendizagens e elaboram concepções autorais de mundo, contribuindo para a inclusão e a valorização da diversidade epistemológica e cultural no processo de formação em Matemática. Essa escuta ativa não é apenas uma estratégia metodológica, mas um elemento central para a transformação das práticas intelectuais-criativas.

Assim, propor novas possibilidades à formação Matemática do Ensino Médio implica assumir o protagonismo discente como eixo estruturante dessas práticas — um processo que exige, antes de tudo, escutar atentamente os estudantes, reconhecer seus repertórios e

compreender profundamente suas experiências. Essa valorização das vozes estudantis reafirma a importância de deslocar o olhar educacional para as experiências concretas dos aprendizes, promovendo um ensino mais inclusivo e significativo. Como enfatiza Freire (2005, p. 35), “não se muda a cara da escola por um ato de vontade de um governante”, evidenciando que a transformação depende da participação ativa dos sujeitos envolvidos no processo educativo.

Diante desse contexto e da lacuna identificada na literatura, a pesquisa aqui relatada teve como *objetivo investigar as concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o papel social da Matemática no contexto do desenvolvimento de uma invenção científico-robótica com impacto social, voltado para o tratamento da Doença de Parkinson*. A intenção é compreender como esses sujeitos significam a Matemática quando atuam como inventores de inovação científico-Robótica que visam impactos sociais. Nesse sentido, a pergunta norteadora desta pesquisa é: *Quais concepções sobre o papel social da Matemática são expressas por estudantes do Ensino Médio durante o desenvolvimento de uma invenção robótica com impacto social?*

A pesquisa foi conduzida no Instituto Federal Goiano, com estudantes do curso Técnico em Redes de Computadores Integrado ao Ensino Médio, utilizando uma abordagem qualitativa que contempla triangulação de dados por meio de entrevistas semiestruturadas, questionários abertos, registros audiovisuais e documentos produzidos pelos estudantes. A invenção desenvolvida (*CAR-Robótica*) foi concebida como solução tecnológica voltada ao tratamento da Doença de Parkinson, oferecendo um contexto para a emergência de concepções Matemáticas com dimensão social. Nesse contexto, a fundamentação teórica desenvolvida, a seguir, sustenta esta investigação, oferecendo o suporte conceitual necessário para compreender as concepções matemáticas dos estudantes na invenção científico-robótica.

2 Fundamentação Teórica

A base teórica desta pesquisa está fundamentada no *Construcionismo*, conforme desenvolvido por Papert (1980, 1996, 2008), que entende os saberes como um processo ativo e dinâmico de construção e reconstrução de sentido, mediado pela interação dos sujeitos com artefatos, tecnologias e contextos sociais. Papert (1991, p.11) enfatiza que “o Construcionismo é a teoria de que as pessoas aprendem melhor quando estão ativamente envolvidas na construção/expressão de algo que consideram significativo”. Essa perspectiva concebe o saber, o fazer e o pensar matemáticos como práticas integradas, culturalmente situadas, e não apenas como habilidades cognitivas isoladas (Sfard, 2008). O aprendizado matemático, nesse contexto, é entendido como uma atividade socialmente construída, em que os alunos atribuem significado à Matemática por meio de ações concretas e intelectualmente inventivas, especialmente em contextos de criação robótica e engajamento social (Harel & Papert, 1991).

Ao articular a Matemática com problemas reais mediados pela tecnologia, essa abordagem favorece a compreensão de conceitos abstratos de forma situada, promovendo engajamento com relevância pessoal e social. No âmbito das invenções científico-robóticas, as concepções Matemáticas emergem como formas de participação discursiva que envolvem não apenas domínio técnico, mas também vivências afetivas, autorreflexão e leitura crítica da invenção científica. Trata-se de uma abordagem multidimensional que reconhece a aprendizagem como fenômeno complexo, articulando raciocínio lógico, emoções e interações sociais, rompendo com a visão tradicional da Matemática como mera repetição de procedimentos descontextualizados (Freire, 2005; Papert, 2008; Sfard, 2008). Em ambientes de aprendizagem baseados em projetos, os estudantes assumem protagonismo e estabelecem conexões significativas entre conteúdos matemáticos, invenções autorais e desafios sociais.

O conceito de concepções, nesse contexto, está alinhado à perspectiva comunicacional e Construcionista, sendo entendido como formas de participação discursiva situadas

culturalmente, por meio das quais os estudantes constroem sentidos para a Matemática em situações de ação e criação (Ponte, 1992; Radford, 2006; Resnick, 2017; Azevedo, 2022). Resnick (2017, p. 60, grifos nossos) afirma que “*quando os estudantes têm liberdade para expressar suas ideias, eles se envolvem mais profundamente em suas atividades educacionais*”.

Essa liberdade de expressão está diretamente relacionada à autenticidade das produções, pois, como destaca Blikstein (2008, p. 847, grifos nossos), “[...] mais liberdade de expressão experimentam, [e] mais fiel à sua própria constituição a expressão se torna” (tradução nossa). Reconhecer a percepção dos estudantes-inventores sobre seus processos de aprendizagem é fundamental, indo além de indicadores quantitativos como notas e testes padronizados.

Essa escuta sensível às vozes dos estudantes possibilita práticas pedagógicas inclusivas e transformadoras, em que a Matemática atua como linguagem crítica da realidade e ferramenta de emancipação social. A análise das concepções a partir dos relatos dos Estudantes-Inventores pode orientar práticas educativas que potencializem aprendizagens significativas e socialmente comprometidas. Nesse contexto, o Construcionismo enfatiza o envolvimento pessoal dos estudantes na resolução de problemas e na discussão colaborativa de soluções, promovendo a construção ativa do conhecimento acadêmico, científico e tecnológico (Papert, 2008).

A invenção robótica oferece plasticidade epistemológica, permitindo que os estudantes materializem suas ideias com engajamento intelectual, criatividade e responsabilidade social (Turkle & Papert, 1991). O objetivo não é treinar executores de tarefas, mas “provocar e apoiar a imaginação” (Papert, 2008, p. 48), fomentando ambientes de aprendizagem criativa que valorizem a autonomia, a fala e a autoria estudantil. A construção ativa do conhecimento se enriquece quando os estudantes se envolvem em processos de criação significativos. “O conceito de construção [comunicação] ativa se torna mais rico, multifacetado e mais profundo em suas implicações” (Papert, 1991, p. 1, tradução nossa), reforçando que o conhecimento deve emergir da experiência prática dos aprendizes. O Construcionismo propõe uma abordagem experiencial e viva, pois, segundo Papert (1991, p. 2), “seria particularmente oximorônico transmitir a ideia de Construcionismo por meio de uma definição [...]”.

Diante de modelos escolares fragmentados e descolados da realidade, os estudantes tendem a resistir, tornando-se “agentes ativos de pressão à mudança” (Papert, 2008, p. 21). Nesse movimento, pensar se torna também um exercício metacognitivo, pois “pensar sobre modos de pensar faz que o estudante se torne um epistemólogo” (Papert, 1985, p. 35). A participação estudantil na escolha de problemas e invenções tecnológicas impacta diretamente os sentidos que atribuem à aprendizagem. O Construcionismo defende o desenvolvimento de habilidades complexas e evita práticas massificadas, incentivando estudantes a se tornarem pensadores criativos, capazes de expressar ideias com ou sem apoio tecnológico (Resnick, 2017). Tal abordagem oferece suporte teórico a práticas educativas que valorizam autoria, expressão e experimentação tecnológica, sobretudo quando articuladas a questões sociais.

Complementarmente, esta pesquisa considera o *Pensamento Computacional (PC)* em consonância com o referencial construcionista, visto que Papert (1980) originalmente o propôs como uma forma de integrar ideias intelectuais para a construção de conhecimento em múltiplas áreas, incluindo a Matemática. Papert (1980, p. 182, tradução nossa) enfatiza que sua proposta inicial era “integrar o Pensamento Computacional à vida cotidiana [e criar oportunidades] para [ampliar] movimentos sociais de pessoas interessadas em Computação e em educação de qualidade”. Essa concepção amplia o entendimento do PC para além de uma competência técnica, compreendendo-o como uma prática social e educativa com potencial transformador.

Embora existam múltiplas definições para o conceito de Pensamento Computacional (PC), há consenso na literatura de que ele transcende o campo da Computação propriamente

dito, configurando-se como a capacidade de formular problemas complexos e desenvolver soluções sistemáticas aplicáveis a diversas áreas do conhecimento (Azevedo; Maltempi, 2022; Azevedo; Maltempi, Powell, 2022). As dimensões essenciais do PC envolvem a integração coordenada de saberes, o emprego do raciocínio lógico-algorítmico e a proposição de respostas orientadas à resolução de desafios sociais (Wing, 2011; Denning, 2017). No presente estudo, essas dimensões são mobilizadas na criação de tecnologias voltadas à saúde pública, com ênfase particular no enfrentamento da Doença Parkinson, articulando conhecimentos matemáticos, computacionais e sociais para o desenvolvimento de soluções inovadoras e contextualizadas.

Nesse contexto, é relevante destacar que a Doença de Parkinson se caracteriza como um distúrbio neurodegenerativo que acomete o sistema nervoso central, manifestando-se por meio de sintomas motores como tremores, rigidez, bradicinesia e comprometimentos na marcha e equilíbrio (Goulart & Pereira, 2004). Embora o tratamento convencional seja predominantemente sintomático, com o uso de medicamentos e intervenções fisioterapêuticas, as inovações no campo científico-robótico emergem como estratégias promissoras para ampliar as possibilidades de reabilitação, promoção do bem-estar e alívio dos sintomas (Ferreira et al., 2007). Dispositivos robóticos especializados, por exemplo, podem contribuir para a manutenção da mobilidade e autonomia dos pacientes, enquanto recursos digitais interativos, como jogos, potencializam aspectos motores, cognitivos e atencionais (Santana et al., 2015; Camargos et al., 2004; Gonçalves et al., 2011).

Considerando essas potencialidades, esta pesquisa adota o PC como abordagem teórico-metodológica capaz de fundamentar a construção de tecnologias com propósitos sociais. Tal abordagem permite compreender a criação de invenções científico-robóticas — como a *Car-Robótica* — não apenas sob o viés técnico-procedimental, mas também como um processo epistemológico e crítico, voltado à formulação de respostas sensíveis às demandas humanas. Assim, a articulação entre PC e Construcionismo se revela estratégica para a produção de soluções que integram técnica, ciência e compromisso social.

A proposta aqui apresentada vai além da compreensão de comandos e códigos: defende-se uma formação Matemática situada, conectada a contextos significativos e desafios sociais reais, com vistas à inclusão e ao protagonismo juvenil. Essa abordagem amplia o acesso ao PC e reposiciona a Matemática como um campo dinâmico de investigação, ação e invenção. Defendemos, assim, a centralidade das experiências concretas dos estudantes, integrando emoção, cognição e autoria no fazer matemático. Compreendemos ser possível apoiar trajetórias educativas por meio de ambientes ativos e científico-tecnológicos, nos quais os estudantes possam transformar ideias em invenções, articulando emoções, saberes e práticas em prol de uma Matemática viva, crítica e socialmente comprometida. Com base nesses referenciais, apresentamos, a seguir, o percurso metodológico desta pesquisa.

3 Percurso metodológico de pesquisa

Para investigar as concepções de estudantes do Ensino Médio durante o desenvolvimento de inovações robótico-computacionais com impacto social, adotamos uma abordagem qualitativa, de natureza interpretativa (Bogdan; Biklen, 1994). Tal abordagem possibilita compreender os significados atribuídos pelos sujeitos às suas ações e interações no contexto investigado (Goldenberg, 2004), especialmente no que se refere à articulação entre conhecimentos matemáticos e computacionais envolvida no desenvolvimento da invenção *CAR-Robótica*, voltada ao tratamento de sintomas da Doença de Parkinson.

A pesquisa foi desenvolvida ao longo de um ano letivo no Laboratório de Inovações Tecnológicas do Instituto Federal Goiano, com 15 estudantes do curso Técnico em Redes de Computadores Integrado ao Ensino Médio (idades entre 15 e 17 anos), matriculados nas turmas

do 2º e 3º ano. A turma apresentava desempenho regular em Matemática, embora com grande interesse por projetos que envolvessem tecnologia e impacto social. Alguns estudantes já possuíam contato introdutório com a programação, por meio de cursos e oficinas.

A invenção *CAR-Robótica* apresentada nesta pesquisa foi desenvolvida ao longo de encontros semanais com duração média de duas horas e meia, totalizando 20 sessões e aproximadamente 50 horas de atividades pedagógico-investigativas. Para ampliar a contextualização do processo investigativo, foram realizadas visitas trimestrais ao Hospital Dia do Idoso, em Anápolis (GO), nas quais os estudantes tiveram contato direto com o ambiente clínico e os desafios enfrentados pelos pacientes. Essas atividades foram concebidas para fortalecer a interface entre a prática acadêmica e o contexto social, oferecendo subsídios essenciais para o desenvolvimento da pesquisa e para a compreensão das demandas reais da área de saúde.

O processo de desenvolvimento inventivo que orientou esta pesquisa, estrutura-se em três etapas analíticas principais: (i) *Ideação*, (ii) *Protagonismo Científico* e (iii) *Intervenção Hospitalar*. A etapa de Ideação corresponde à concepção e construção colaborativa de soluções inovadoras, em que os estudantes desenvolvem propostas iniciais. No Protagonismo Científico, os alunos assumem um papel ativo na experimentação, sistematização e reflexão crítica sobre as propostas, ampliando suas competências investigativas. Por fim, a Intervenção Hospitalar caracteriza-se pela imersão dos estudantes no ambiente clínico, possibilitando o contato direto com os desafios enfrentados pelos pacientes e promovendo a articulação entre o conhecimento teórico-prático e as demandas sociais concretas.

Para o desenvolvimento da *CAR-Robótica* ao longo das três etapas, foram utilizados *software* como *Scratch* e *GeoGebra*, placas programáveis como *Makey-Makey*, *Micro:bit* e *Arduino*, além de componentes eletrônicos e materiais reciclados — como rodas de bicicleta e peças de sucata — selecionados pelos próprios estudantes com base em critérios de funcionalidade, sustentabilidade e viabilidade técnica, os quais foram previamente discutidos com o professor-orientador. Ao longo do processo, os participantes da pesquisa realizaram atividades de exploração Matemática, abordando conteúdos como coordenadas polares, funções exponenciais e trigonométricas, lógica formal, além da criação de animações e algoritmos com propriedades geométricas e algébricas. Parte desses conteúdos estava prevista no currículo, enquanto outros foram inseridos como extensões para atender às necessidades do projeto.

3.1 Instrumentos e Procedimentos de Coleta

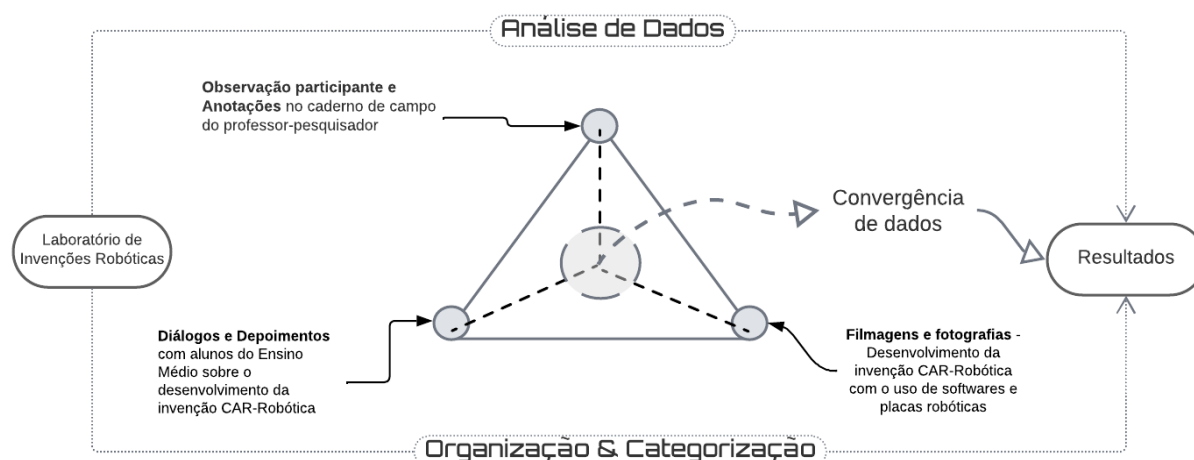
A produção de dados ocorreu de forma contínua e em diferentes momentos da pesquisa, incluindo a fase de planejamento, os testes práticos e análises pós-hospitalar. Os principais instrumentos utilizados foram: i) *Diário de campo do professor-pesquisador*, com registros sistemáticos das ações, reações, interações, decisões e dificuldades observadas durante os encontros; ii) *Observações participantes*, com anotações em caderno e registros audiovisuais; iii) *Entrevistas semiestruturadas*, realizadas com todos os pesquisados, mas complementadas por iv) *diálogos espontâneos* ocorridos ao longo do processo inventivo, também gravados e analisados; v) *Registros digitais* (fotos, vídeos, arquivos computacionais); e vi) *Materiais produzidos pelos estudantes*, como esboços, algoritmos, protótipos e desenhos de projetos.

3.2 Análise e Categorização dos Dados

Adotamos a *Triangulação de Dados* (Denzin & Lincoln, 2000), articulando múltiplas fontes e perspectivas sobre o mesmo fenômeno, a fim de enriquecer e conferir credibilidade às inferências produzidas. Essa triangulação, inspirada em Flick (1998) e Yin (2016), não visa validar os dados, mas ampliar a profundidade e a coerência analítica da pesquisa. Para fins de

melhor compreensão, o Fluxograma 1 sintetiza o processo de organização da análise desta investigação.

Fluxograma 1: Organização dos Dados – Inspirado no Método de Triangulação de Dados.



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme esse fluxograma, a análise está organizada em três grandes fontes: 1) observações; 2) depoimentos/entrevistas; e 3) registros digitais e materiais eletrônicos. Ao organizar os dados da pesquisa, focamos na análise do processo de invenção Matemática e computacional com impacto social. Essa construção envolveu a “procura de evidências, contextos, características, padrões e descoberta dos aspectos importantes” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 205) em relação à formação em Matemática. Para estruturar a análise, adotamos um processo de categorização indutiva, no qual padrões, significados e núcleos de sentido emergiram a partir dos dados brutos. Esse processo incluiu: a codificação dos participantes de A1 a A15; a categorização temática, agrupando concepções similares; a identificação de padrões de pensamento, focalizando as ideias geradas durante o processo inventivo (ideações), estratégias de resolução de problemas, uso de conceitos matemáticos e computacionais e a atribuição de sentidos às experiências; além da criação de mapas de convergência que relacionam falas, ações, sentimentos, emoções e invenções desenvolvidas.

As falas dos participantes foram apresentadas com intervenções mínimas: omissões foram indicadas por reticências entre parênteses e complementações explicativas aparecem entre colchetes. Todo o material foi codificado e analisado à luz do objetivo da pesquisa e algumas expressões foram adaptadas para melhor compreensão. Os participantes desta pesquisa foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e aceitaram participar de forma voluntária, com autorização expressa para uso de suas imagens e produções sem anonimato. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, sob o protocolo CAAE nº 95768318.2.0000.5466 e parecer nº 5.941.184.

4 Discussão dos Dados e Resultados

A análise dos dados priorizou a escuta das vozes dos estudantes, identificados como A1 a A15, para captar suas concepções sobre a invenção, a aprendizagem e a aplicação social do conhecimento. Os dados foram categorizados em três etapas do projeto: *Ideação*, *Protagonismo Científico* e *Intervenção Hospitalar*.

4.1 Etapa de Ideação

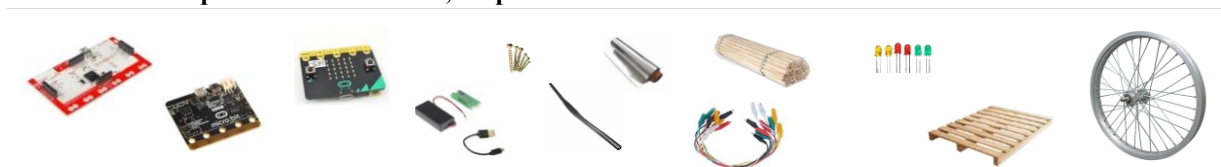
Nesta etapa do projeto, exploramos de forma integrada os ambientes *Scratch*, *GeoGebra*

e *Makey-Makey*, articulando conceitos matemáticos a processos de modelagem gráfica, simulação computacional e controle físico por sensores. As atividades envolveram a construção de jogos interativos, o desenvolvimento de protótipos robóticos com uso de materiais recicláveis e a experimentação de algoritmos por meio da programação em blocos. Investigamos o comportamento de diferentes tipos de funções — lineares, exponenciais, quadráticas, modulares, entre outras — com ênfase na análise de suas representações gráficas e nas possibilidades de aplicação em contextos reais. Nessa fase, testamos jogos produzidos em momentos anteriores do projeto e iniciamos a concepção de uma nova proposta: a *CAR-Robótica*, que combina elementos de automação, linguagem algorítmica e modelagem Matemática. A Figura 1 apresenta registros ilustrativos desse momento investigativo.

Figura 1: Construção da invenção: Programação, Modelagem e Dispositivo CAR-Robótico



Principais Placas Robóticas, Dispositivos Eletrônicos e Materiais Recicláveis Utilizados



Fonte: dados da pesquisa.

Na primeira imagem, os estudantes exploram diferentes tipos de funções associada à programação de objetos gráficos, com a mediação do professor-pesquisador. A imagem central mostra a parte gráfica do jogo, sendo que subjacente a ela há algoritmos e representações Matemáticas. Na terceira, destacamos o uso de sensores conectados à roda de uma bicicleta, simulando o volante do carro, em uma interface que une modelagem Matemática, eletricidade e magnetismo. Os excertos das falas dos estudantes, a seguir, indicam como a Matemática foi compreendida como linguagem e suporte ao processo inventivo.

A3 – A gente entendeu que o movimento dos objetos no jogo depende da função que você constrói. Se errar a função, o jato vai pra outro lugar.

A6 – Quando usei $f(x) = \sqrt{x^2}$ e verifiquei vários valores da B vi a função subir e descer (...) pra fazer o arco do arco-íris no jogo, a Matemática ajuda a criar movimentos harmônicos de arcos coloridos (...) Deu trabalho, mas valeu a pena!

A11 – Programar o sensor micro: bit com o professor e ver como ele controla os movimentos do jogo me fez entender que a variável não é só um conceito, mas um sinal real que conecta o meu pedal ao funcionamento da invenção CAR-Robótica. Visualizar os códigos foi tranquilo, mas na hora de criar os nossos, precisamos rascunhar e fazer vários testes (...) com os sensores conectados com o programa.

A10 – A função que usamos para controlar o movimento do robô é do tipo exponencial, $R(x) = a \cdot b^x$, e isso ajuda a ajustar a velocidade do motor.

A14 – Na hora que a gente usou a função seno, $S(t) = k + b \sin(c \cdot t + d)$, para controlar a rotação do volante, percebi como a Matemática está dentro da tecnologia que estamos criando.

As manifestações dos estudantes denotam concepções que superam a visão tradicional da Matemática enquanto conhecimento formal e desvinculado da prática social. Por exemplo, a afirmação de A3, mostra que ele atribui à função Matemática um papel de agente operacional e regulador no controle de sistemas dinâmicos, o que indica uma apropriação funcional e instrumental do conceito, desvinculada da abstração algébrica meramente simbólica. Essa visão funcional do processo formativo em Matemática, que se materializa no uso prático e interativo das funções, corrobora a perspectiva construcionista de Papert (1980), segundo a qual o conhecimento emerge da construção ativa e significativa de artefatos. Conforme enfatiza Resnick (2017, p. 21), “[...] os aprendizes nascem com a capacidade de serem criativos, mas sua criatividade não necessariamente se desenvolverá sozinha. Suas necessidades devem ser nutridas, encorajadas e apoiadas” (tradução nossa).

Essa abordagem, portanto, não apenas favorece a produção de “teias de conceitos”, mas também promove o desenvolvimento de competências práticas e cognitivas essenciais para “articular ideias e criar coisas para resolver problemas e comunicar ideias” (Resnick, 2017, p. 54, tradução nossa). A seguinte fala de A6 “Quando usei $f(x) = \sqrt{x^2}$ e verifiquei vários valores da B vi a função subir e descer ... pra fazer o arco do arco-íris no jogo, a Matemática ajuda a criar movimentos harmônicos de arcos coloridos... Deu trabalho, mas valeu a pena” reflete uma compreensão da Matemática como linguagem criativa e estética, fundamental para a operacionalização tecnológica e para a expressão visual da invenção.

No caso de A11, a variável é interpretada não só como um símbolo abstrato, mas como uma interface concreta e dinâmica entre corpo, máquina e código, o que denota uma epistemologia pessoal em construção, conforme descrito por Papert (1991), que destaca que a construção ativa do conhecimento é um fenômeno multifacetado e complexo, que ultrapassa a mera noção de “fazer para aprender” (Papert, 1991, p. 2, tradução nossa), configurando-se como uma forma de pensamento que implica reflexão metacognitiva e epistemológica.

Nesse sentido, ao desenvolver a invenção, os estudantes podem “embarcar numa exploração sobre a maneira como eles próprios pensam” e “pensar sobre modos de pensar que fazem com que o estudante se torne um epistemólogo” (Papert, 1985, p. 35). Aqui, o estudante expressa a reflexão metacognitiva e a percepção da Matemática como um meio vivo de interação entre sujeito e mundo, explorando o conhecimento para além da formalidade teórica.

As funções exponenciais e senoidais mencionadas por A10 e A14 explicam como a Matemática é incorporada não apenas para resolver problemas quantitativos, mas para integrar forma, movimento e estética, configurando-se como linguagem comunicativa e funcional. As falas de A10 e de A14 *Matemática* exemplificam a apropriação da Matemática como recurso expressivo que articula fundamentos técnicos e estéticos, em consonância com a visão de Papert (2008), para quem a Matemática constitui uma linguagem simbólica que possibilita a construção e a comunicação de significados complexos.

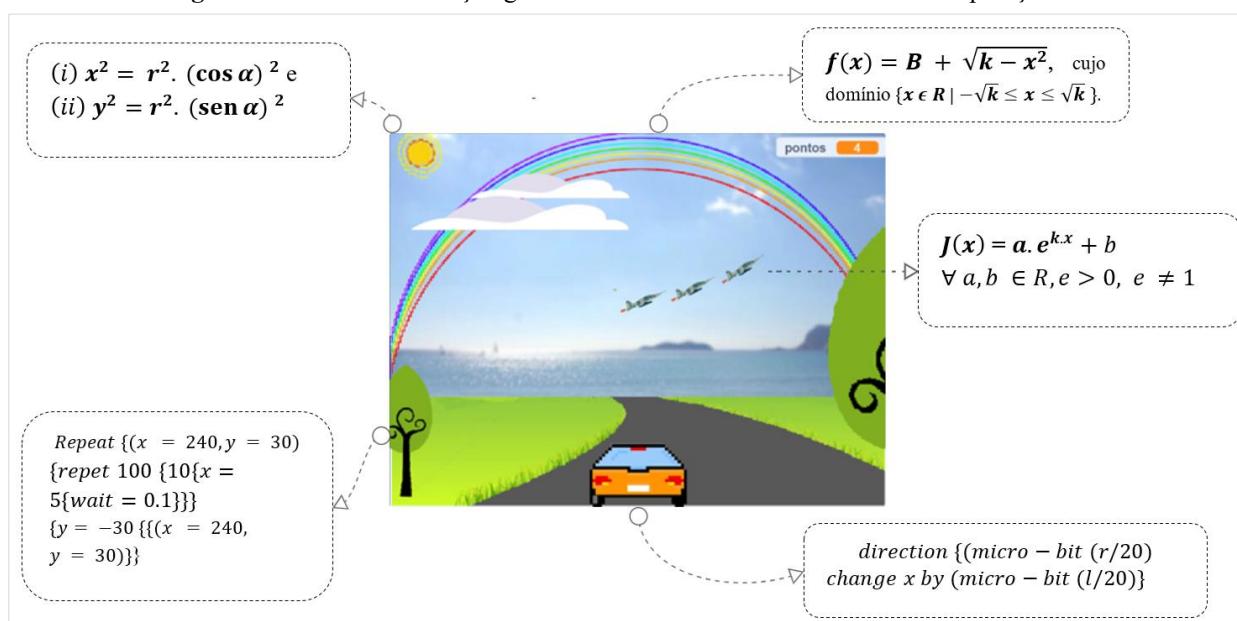
Essas manifestações discursivas indicam que os estudantes *concebem* uma visão da Matemática como: 1) ferramenta funcional para controle e regulação; 2) linguagem estética e expressiva; 3) interface integrada entre o corpo, o código e o dispositivo físico; e 4) componente essencial no processo de inovação tecnológica com impacto social. Essa pluralidade conceitual denota um deslocamento epistemológico significativo, que transcende o caráter fragmentado e

abstrato da Matemática tradicional, aproximando-a das práticas concretas e socialmente relevantes. Nessa perspectiva, os estudantes não apenas aplicam conteúdos, mas significam a Matemática como um recurso ativo, especialmente no desenvolvimento de invenções voltadas a demandas sociais concretas, como no projeto *CAR-Robótica*.

4.2 Etapa de Protagonismo Científico

Nesta etapa, os estudantes-inventores avançaram na criação de novos comandos de programação e no aprofundamento dos conteúdos matemáticos para desenvolver soluções robóticas voltadas ao tratamento da Doença de Parkinson. Por meio de um processo investigativo, eles elaboraram algoritmos inéditos, ajustaram funções e trajetórias, modelaram objetos e construíram dispositivos interativos com sensores. Durante essa fase, exploraram funções no *GeoGebra* e *Scratch*, testando parâmetros, corrigindo erros e utilizando o plano cartesiano para assegurar o funcionamento dos elementos do jogo. Embora trabalhassem com funções já conhecidas, criaram códigos originais baseados nos projetos da fase de ideação, integrando aprendizagens anteriores com inovação técnica. A Figura 2 exemplifica alguns dos conhecimentos matemáticos e computacionais mobilizados na criação de elementos gráficos da *CAR-Robótica*.

Figura 2: Por trás da invenção gráfica *CAR-Robótica* – Matemática e Computação

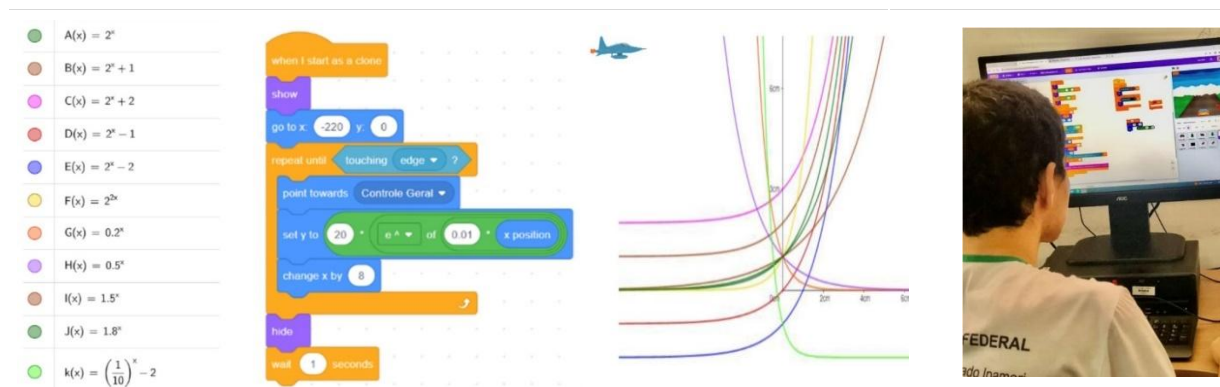


Fonte: elaborada pelos autores.

O arco-íris é formado por arcos não concêntricos gerados por uma função raiz transladada ($f(x) = B + \sqrt{k - x^2}$), enquanto as trajetórias dos jatos são descritas por funções exponenciais ($J(x) = a \cdot e^{kx} + b$). As árvores se movem por transformações escalares e o sol gira em torno de seu eixo com coordenadas polares ((i) $x^2 = r^2 \cdot (\cos \alpha)^2$ e (ii) $y^2 = r^2 \cdot (\sin \alpha)^2$). A produção dos algoritmos demonstra uma visão interligada do conhecimento, combinando conceitos de geometria, trigonometria e álgebra e computação (e.g., laço de repetição, algoritmos e recursão). Os participantes da pesquisa basearam suas ideias em atividades investigativas e exploratórias mobilizadas estrategicamente em sala de aula com o professor-pesquisador, conforme Figura 3:

Figura 3: Etapas da Construção dos objetos gráficos

Função Exponencial	Programa Computacional	Percurso Gráfico do jato	Programação Inventiva
--------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------



Fonte: dados da pesquisa.

Na Figura 3, visualizamos as concepções Matemáticas e computacionais mobilizadas na construção dos programas da invenção *CAR-Robótica*. A elaboração desses algoritmos evidencia uma abordagem integrada da Matemática, que ultrapassa a visão fragmentada e isolada do conhecimento. Os estudantes fundamentaram suas ideias em simuladores e atividades exploratórias, envolvendo a escrita de códigos, o esboço de gráficos e a análise detalhada de parâmetros matemáticos. Nesse processo, o erro não foi percebido como obstáculo, mas como elemento fundamental à construção e o aprofundamento do conhecimento matemático, consolidando-se como componente essencial da aprendizagem investigativa. A seguir, apresentamos excertos dos estudantes correspondentes a essa etapa inventiva.

A3 – Na função raiz, testamos no GeoGebra pra ver o formato do arco no gráfico. No código, precisei dividir o problema em passos, desenhando cada ponto com a fórmula: # Exemplo simplificado [em programação: para micro:bit → for x in range(-10, 11): y = B + (k - x**2)**0.5 → plot_point(x, y)].

A7 – (...) sei a função exponencial porque queria que o jato começasse lento e acelerasse rápido, tipo o trem que fica mais rápido quando sai da estação. No código, fiz um loop que repetia a conta da posição assim: [Explica o funcionamento: para i de 1 até 10 → y = a * (e ^ (k * i)) + b → mover_jato_para(y) → fim].

A4 – A gente testava a função raiz no GeoGebra e depois colocava no código do Scratch pra ver como ficava o arco.

A9 – O sol gira usando coordenada polar. Eu nunca imaginei que dava pra usar isso num jogo, ficou bonito e matemático (...) Usei coordenadas polares pro sol girar no centro do círculo. A cada passo, mudo o ângulo assim [explicação lógica] (...) $x^2 = r^2 \cdot (\cos \alpha)^2$ e $y^2 = r^2 \cdot (\sin \alpha)^2$ [Exemplo: ângulo = 0 → while True: x = r * cos(ângulo) → y = r * sin(ângulo) desenhar_sol(x, y) ângulo += 0.1].

A12 – Quando o código não funcionava, a gente precisava entender o que cada função Matemática fazia, quebrar o problema em pedaços e consertar passo a passo. Isso foi importante porque a gente sabia que estava construindo algo que pode ajudar pessoas com Parkinson a controlar movimentos, e isso dava mais sentido pro que a gente fazia.

A15 – Eu percebi que a Matemática não é só números no papel ou algo chato e repetitivo, mas é o que controla o que a gente vê e mexe no jogo (...) achei massa!

A8 – A gente teve que inventar um jeito de fazer o sensor responder direitinho ao movimento, e isso não estava em nenhum manual. Tive que testar várias ideias.

A11 – Montar o algoritmo do movimento foi como criar uma receita que precisa funcionar certinho, usando funções, loops e comandos condicionais para que o jato obedecesse ao sensor. Cada parte tinha que estar no lugar pra máquina rodar. Isso me mostrou que Matemática é um jeito de pensar que envolve planejar e testar.

Os dados evidenciam que os estudantes *concebem* a Matemática não apenas como uma coleção de fórmulas e procedimentos mecânicos, mas como uma ferramenta dinâmica para

modelar e controlar movimentos, visibilizada e aplicada no desenvolvimento de seus projetos tecnológicos. Por exemplo, a utilização da função raiz para desenhar arcos, conforme relatada por A3, indica uma apropriação prática da Matemática para decompor problemas complexos em etapas manejáveis. Essa fragmentação do problema em partes, explicitada no uso de códigos simplificados para *micro: bit*, revela a incorporação do pensamento computacional aliado ao raciocínio matemático, o que corrobora a ideia de Resnick (1991), que enfatiza a necessidade dos estudantes terem controle sobre a definição e resolução dos problemas, explorando problemas abertos ou construindo modelos em uso.

As concepções manifestadas por A7, ao relacionar a função exponencial à ideia intuitiva de aceleração do jato, indicam uma construção de sentido autoral da Matemática, que ultrapassa a abstração e encontra aplicação concreta, em consonância com a perspectiva de Papert (2008), para quem o conhecimento torna-se “valorizado pelo próprio estudante por ser útil, por ser possível compartilhar com outras pessoas e por combinar com o estilo pessoal de cada indivíduo” (Papert, 2008, p. 173).

Ponderamos que a aprendizagem em uso — ou seja, a apropriação dos conteúdos curriculares por meio da produção de jogos — liberta os alunos para aprender de forma pessoal, o que, por sua vez, possibilita que os professores ofereçam aos estudantes uma abordagem mais autônoma, baseada em problemas abertos. Essa abordagem visa romper com a lógica tradicional ternária *definição-exemplo-exercício* do ensino de Matemática, atribuindo maior sentido e significado ao conhecimento por meio da participação ativa e inventiva dos estudantes (Resnick, 2017; 2024).

A utilização de coordenadas polares para movimentar o sol no jogo, relatada por A9, “(...) $x^2 = r^2 \cdot (\cos \alpha)^2$ e $y^2 = r^2 \cdot (\sin \alpha)^2$ ” expõe o reconhecimento da Matemática como ferramenta para expressar e comunicar movimentos no espaço digital, ilustrando a integração entre PC e aprendizagem Matemática que o construcionismo propõe, buscando formar pensadores criativos e capazes de construir conhecimento, e não meramente consumi-lo (Resnick, 2017). Isto é, conforme o construcionismo, “não é usar a regra que resolve o problema; é preciso pensar sobre o problema que promove a aprendizagem (...) e a capacidade de lidar com problemas semelhantes de Matemática” (Papert, 2008, p. 91).

O enfrentamento de dificuldades e a necessidade de decompor o problema em partes para ajustar o código, conforme expressa A12, evidenciam a apropriação da Matemática como um processo reflexivo e iterativo, que adquire significado social e pessoal quando vinculada a objetivos concretos, como o desenvolvimento de soluções para o tratamento da Doença de Parkinson. Essa perspectiva reforça a crítica à formação Matemática tradicional, que frequentemente desconsidera o contexto e a significação do conhecimento para os estudantes, limitando-se a exercícios descontextualizados. Nessa direção, o foco deve ser permitir o estudante manipular elementos que carregam significados e que fazem sentido para ele, em vez de formalismos e símbolos, evidenciando a *dimensão semântica* dos conceitos matemáticos.

Por fim, as manifestações de A15, A8 e A11 apontam para uma compreensão emergente da Matemática como um modo de pensar estruturado que envolve planejamento, teste e ajuste constante, resgatando a importância do pensamento concreto que Papert (2008) defende como fundamental e não subordinado a uma suposta fase transitória para o abstrato. As concepções evidenciam que os estudantes, ao se posicionarem como inventores, atribuem sentidos às suas aprendizagens em contextos socialmente significativos, o que reforça a importância de práticas pedagógicas que reconheçam suas vozes e experiências, fundamentadas na escuta ativa e na valorização da diversidade epistemológica.

4.3 Etapa de Intervenção Hospitalar

Com a invenção concluída, ela foi aplicada no contexto hospitalar com pacientes diagnosticados com Doença de Parkinson. A equipe médica avaliou a *CAR-Robótica* quanto a aspectos motores, cognitivos e atitudinais. Os estudantes participaram ativamente da aplicação e adaptação da invenção, contribuindo diretamente com os profissionais da saúde e assumindo um papel de jovens pesquisadores comprometidos com soluções reais para problemas sociais.

Figura 4: Sessões de tratamento da Doença de Parkinson com o uso da *CAR-Robótica*



Fonte: dados da Pesquisa.

A Figura 4 ilustra a utilização da invenção *CAR-Robótica* no Hospital Dia do Idoso, em Anápolis (GO). Na primeira imagem, estamos reunidos com uma equipe de profissionais da área médica, apresentando o dispositivo e discutindo suas possibilidades de uso no tratamento de pacientes com Parkinson. Essa equipe avaliou nossa invenção a partir de três dimensões terapêuticas: i) *Motora*, considerando a estimulação de movimento, o fortalecimento muscular e a melhora da coordenação; ii) *Cognitiva*, envolvendo o desenvolvimento da atenção, da concentração, do raciocínio lógico e da tomada de decisões rápidas; e iii) *Atitudinal*, promovendo a colaboração, o fortalecimento da autoestima, a motivação e o sentimento de pertencimento dos pacientes ao processo terapêutico.

Na imagem central, acompanhamos uma sessão de reabilitação em que um paciente está sentado, sendo assistido por fisioterapeutas. Nessa cena, a *CAR-Robótica* foi adaptada para captar os movimentos dos pés, considerando que o paciente não consegue mais permanecer em pé. Essa adaptação reflete nossa atenção às necessidades reais das pessoas, especialmente diante da progressão da Doença de Parkinson, e demonstra como buscamos soluções criativas, sensíveis e responsáveis. Já na terceira imagem, à direita, outro paciente aparece em nova sessão, interagindo com o dispositivo e se engajando ativamente em sua própria recuperação. Para compreendermos melhor os sentidos e os significados atribuídos pelos participantes da pesquisa, destacamos os seguintes excertos:

A1 – A hora que o paciente apertou o pedal e o jogo respondeu, foi quando a ficha caiu. A nossa invenção podia mesmo mudar vidas.

A5 – Confesso que eu estava com medo de não funcionar lá no hospital. Mas ver a função do movimento funcionando do jeito que a gente planejou foi emocionante. A Matemática fez sentido ali (...) Quero seguir essa área para minha vida.

A9 – Foi a primeira vez que eu me senti cientista de verdade, sabe? As coisas não funcionam perfeitamente (...) leva tempo para aprender, tem que dedicar (...) superar o medo (...) se jogar literalmente. Mas no fim é incrível!

A8 – O médico perguntou o porquê do jogo responder daquele jeito, e eu expliquei o algoritmo usando seno e proporcionalidade, mostrei e testei os códigos e sensores.

A13 – Os profissionais ficavam curiosos e perguntavam como a gente tinha feito. Quando explicávamos o raciocínio lógico, eles elogiavam muito. Isso me deu confiança. (...) Depois de aprovado, usamos com os idosos mais queridos do mundo.

A15 – Eu chorei depois da primeira sessão. O paciente agradeceu. Disse que se sentiu feliz jogando. Nunca pensei que a Matemática podia dar alegria pra alguém.

A2 – A gente passou meses programando, testando, adaptando. Mas só ali no hospital eu entendi o que era criar algo importante de verdade.

As narrativas mostram uma ressignificação substancial das concepções dos estudantes acerca da Matemática, que passa a ser compreendida não mais como um conjunto de conteúdos abstratos, fragmentados e desarticulados da realidade, característicos do ensino tradicional escolar, mas como uma linguagem viva, situada, responsiva e socialmente potente. No âmbito da invenção do projeto *CAR-Robótica*, a imersão dos participantes em um contexto autêntico, o ambiente hospitalar, favoreceu experiências de aprendizagem em que os conceitos matemáticos deixaram de ser apenas aplicados para serem mobilizados de forma crítica, ética e intencional. A fala da estudante A1 revela um deslocamento epistêmico que não se resume ao domínio técnico, mas à ressignificação do próprio sentido da Matemática.

Aqui, o fazer matemático emerge como ação social com potência de transformação — uma concepção que encontra ressonância na perspectiva de Papert (2008), para quem a Matemática deve ser compreendida como prática social (dimensão social). Nesse movimento, a experiência fora do espaço escolar tradicional atua como catalisadora de sentidos. A5 descreve: *“Ver a função do movimento funcionando do jeito que a gente planejou foi emocionante. A Matemática fez sentido ali...”*. Essa afirmação revela que, quando aplicada a um fim significativo, a Matemática passa a ser apropriada não apenas como conhecimento instrumental, mas como forma de expressão e engajamento.

Os conteúdos tradicionalmente ensinados — como funções, proporcionalidade, interpolação — ganham corpo e propósito. A fala “quero seguir essa área para minha vida” sugere a emergência de projetos de futuro vinculados ao uso ético e criativo da ciência. O construcionismo em consonância com o PC, tal como proposto por Valente (2016), oferece um arcabouço fecundo para compreender essa mudança. Ao construir uma solução real e funcional — o *CAR-Robótica* — os estudantes não apenas aprenderam fazendo, mas fizeram para aprender. Ao envolverem-se na construção de algo significativo para si e para os outros, atribuíram sentido ao que faziam, ao porquê faziam e ao para quem faziam. Esse triângulo — “o quê”, “para que” e “para quem” — é fundamental para romper com o tecnicismo e operar uma virada no modo como a Matemática é experienciada.

As interações com profissionais da saúde e pacientes amplificaram ainda mais essa experiência. A capacidade de A8 comunicar conceitos complexos em linguagem acessível revela não apenas domínio técnico, mas o amadurecimento de uma postura científica e cidadã. Nesse contexto, a Matemática deixa de ser um fim em si mesma e passa a operar como mediação entre sujeitos e mundos distintos — o da saúde, o da tecnologia, o da educação.

A profissional da saúde Bruna Pereira confirma essa potência ao afirmar: *“as sessões de tratamento não só ajudam os pacientes a trabalhar com a parte de postura e equilíbrio, é também o contato deles com os estudantes. É uma interação rica, entre saúde e educação. Todos se beneficiam mutuamente”*. Sua fala mostra que, para além dos resultados mecânicos, o projeto promoveu um entrelaçamento entre diferentes campos do saber e da vida. A análise das falas também revela a constituição de identidades epistêmicas entre os estudantes. A9 afirma: *“Foi a primeira vez que eu me senti cientista de verdade. Leva tempo, tem que superar*

o medo”. Tal transformação evidencia a potência de uma abordagem que rompe com o paradigma da instrução mecânica e valoriza a agência criadora dos estudantes.

Nesse sentido, alinhamo-nos ao entendimento de que o desenvolvimento da autonomia intelectual não se dá por meio da prescrição de atividades padronizadas ou da exigência de produções tecnicamente irretocáveis. Como afirma Papert (2008, p. 48), não se trata de ditar “o que e como o aluno deve fazer artefatos de modo correto, mas *provocar*, incentivar e [apoiar] a imaginação e a confiança”. Deste modo, ao invés de treiná-los para a execução de tarefas repetitivas ou expressões enviesadas, buscamos fomentar espaços nos quais possam experimentar e atribuir sentido pessoal, afetivo e social à formação Matemática.

A experiência de produzir algo funcional e socialmente valorizado reconfigura a posição do estudante no processo educativo. Já não se trata de repetir procedimentos, mas de criar, testar, errar, revisar — dimensões vitais do fazer científico. A13 reforça: “*Quando explicávamos o raciocínio lógico, eles elogiavam muito. Isso me deu confiança.*”. Aqui, o reconhecimento do outro — pares, profissionais, pacientes — atua como elemento formativo, validando saberes que tradicionalmente não são legitimados no contexto de formação em sala de aula. Destacamos, ainda, *concepções* ampliadas sobre o papel da Matemática como linguagem de cuidado e afeto. Nesse sentido, o depoimento de A15 é emblemático: “*Eu chorei depois da primeira sessão. O paciente agradeceu. Disse que se sentiu feliz jogando. Nunca pensei que a Matemática podia dar alegria para alguém*”. Nesse momento, a Matemática passa a ser percebida pelos estudantes como uma potência estética, ética e emocional. Trata-se de uma ruptura radical com o modelo conteudista que ainda predomina em muitas práticas escolares. Aqui, a Matemática é colocada a serviço da vida — e essa é, talvez, sua dimensão mais potente e humanizadora.

Essa atribuição de sentido não é apenas uma experiência subjetiva, mas um ato político e pedagógico. Quando os estudantes compreendem que o que fazem tem valor para além da escola, emerge um currículo vivo — que se constrói com o outro, no mundo e para o mundo. Como argumenta Papert (2008), o conhecimento ganha potência quando é construído em contextos significativos e, principalmente, quando se transforma em instrumento de expressão pessoal e coletiva. As experiências descritas e as falas colhidas apontam para a existência de uma disjunção radical e não comensurável entre fazer com sentido e fazer para satisfazer demandas burocráticas. Enquanto o segundo alimenta o ciclo da alienação escolar, o primeiro opera como uma ruptura criadora, que reposiciona o estudante como sujeito do conhecimento.

A aplicação de conceitos como senoídes, proporcionalidade, interpolação e funções condicionais no desenvolvimento do algoritmo do *CAR-Robótica* não foi apenas uma exigência técnica. Foi bem além disso, foi uma resposta situada e intencional a um desafio real: desenvolver um jogo responsivo aos movimentos dos pacientes. Esse uso da Matemática como linguagem de ação e mediação reforça as análises de Morris (2006) e Nieuwboer et al. (2007), ao defenderem a precisão do feedback motor como elemento terapêutico central no tratamento do Parkinson.

Em síntese, as falas e experiências analisadas demonstram que o projeto *CAR-Robótica* ultrapassou os limites de uma proposta técnica e instrumental, constituindo-se como uma prática construcionista crítica e humanizadora. Promoveu-se não apenas a aprendizagem de conteúdos, mas a construção de identidades, sentidos e vínculos. Trata-se, portanto, de um convite à reinvenção do currículo, da escola e da própria Matemática — compreendida não mais como domínio exclusivo de especialistas, mas como linguagem compartilhada de cuidado, com concepções valorizadas, criação e transformação social.

5 Considerações Finais

Esta pesquisa investigou as concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o papel social da Matemática durante o desenvolvimento de uma invenção científico-robótica voltada para o tratamento da Doença de Parkinson. A análise se concentrou em três etapas principais: Ideação, Protagonismo Científico, e Intervenção Hospitalar. Na primeira etapa, os estudantes expressaram concepções que enquadram a Matemática como: i) um conjunto de procedimentos técnicos e cálculos essenciais para o funcionamento do dispositivo; ii) uma ferramenta instrumental para modelagem e programação, evidenciando uma visão predominantemente técnica e operacional da Matemática. Esses resultados refletem um entendimento restrito da disciplina, focado em sua aplicabilidade prática para resolver problemas específicos do projeto. Durante a etapa de construção e testes, verificamos uma evolução significativa nas concepções dos estudantes. Eles passaram a reconhecer a Matemática como: iii) um conhecimento fundamental para o desenvolvimento de inovações tecnológicas com impacto social direto; iv) um recurso para a criação de soluções que melhoram a qualidade de vida, sobretudo no contexto do tratamento da Doença de Parkinson.

A pesquisa demonstrou uma ampliação da percepção do papel social da Matemática, que passa a ser vista como um conhecimento socialmente relevante, capaz de contribuir para transformações concretas. Na etapa final, durante as reflexões e apresentações, os estudantes manifestaram concepções ampliadas, identificando a Matemática como: v) uma ferramenta para o desenvolvimento de tecnologias inclusivas e acessíveis; vi) um conhecimento que se articula com dimensões sociais; vii) um elemento essencial para o trabalho interdisciplinar e colaborativo que visa à inovação social. Essa última etapa sinaliza uma internalização do papel social da Matemática para além do aspecto técnico, valorizando seu impacto ético e social.

O impacto desta pesquisa é duplo. Em primeiro lugar, evidencia que o engajamento prático em projetos de invenção com propósito social favorece a construção de concepções significativas sobre a Matemática entre estudantes do Ensino Médio. Em segundo lugar, reforça a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a integração do conhecimento matemático com a ciência, preparando jovens para atuarem como agentes transformadores na sociedade. Dessa forma, este estudo contribui para a Educação Matemática ao apontar que o desenvolvimento de concepções sobre o papel social da Matemática, que ultrapassam a visão instrumental, depende de experiências concretas que integrem teoria, prática e impacto social, promovendo uma visão interdisciplinar e engajada do conhecimento matemático.

Para pesquisas futuras, sugerimos aprofundar a investigação das concepções sociais da Matemática em contextos diversos de ensino e aprendizagem, especialmente envolvendo outras áreas da ciência e tecnologia com impacto social para além do Parkinson. Recomendamos também explorar longitudinalmente como tais concepções evoluem ao longo do percurso escolar e profissional dos estudantes. Pesquisas que analisem os efeitos dessas concepções na motivação, no engajamento e na escolha profissional podem ampliar a compreensão sobre a importância do papel social da Matemática na formação de cidadãos críticos e responsáveis.

Agradecimentos

- Este trabalho contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil, por meio do Processo nº 150485/2025-5, no âmbito da modalidade Pós-Doutorado Júnior (PDJ), vinculada ao pós-doutorando Greiton Toledo de Azevedo.
- Agradecemos ao **Instituto Federal Goiano** pelo espaço e pelas condições de trabalho que viabilizaram o desenvolvimento desta pesquisa e a produção de dados, no contexto do projeto Mattics, sob coordenação do Prof. Greiton Toledo de Azevedo.
- O terceiro autor agradece ao CNPq (Processo 305264/2022-2) e Fapesp (Processo 2022/15578-7) pelo suporte.

Referências

- Azevedo, G. T. (2022). *Processo formativo em Matemática: Invenções robóticas para o Parkinson* [Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Institucional da UNESP. <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/7b38191f-18d4-4b89-99a5-7612f26b4742>
- Azevedo, G. T., & Maltempi, M. V. (2021). Invenções robóticas para o tratamento de Parkinson: Pensamento computacional e formação matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(69), 63–88. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a04>
- Azevedo, G. T., Maltempi, 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. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>
- Azevedo, G. T., & Maltempi, M. V. (2023). Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de formação em Matemática. *Ciência & Educação*, 29, 1–21. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230016>
- Barba, L. A. (2016). *Computational thinking: I do not think it means what you think it means*. <https://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>
- Blikstein, P., & Valente, J. A. (2018). *Educação maker: Onde está a construção do conhecimento?* Editora da Universidade Estadual de Campinas. <https://tltlab.org/wp-content/uploads/2020/10/Educac%CC%A7a%CC%83o-Maker-onde-esta%CC%81-a-construc%CC%A7a%CC%83o-do-conhecimento-BliksteinValente.pdf>
- Blikstein, P., Valente, J. A., & Moura, E. M. (2020). Educação maker: Onde está o currículo? *Revista e-Curriculum*, 18(2), 523–544. <https://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48127/32229>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Camargos, A. C. R., Cóprio, F. C. Q., & Souza, T. C. (2004). O impacto da doença de Parkinson na qualidade de vida: Uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 8(3), 267–272. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-404405>
- D'Ambrosio, U. (2011). *Educação Matemática: Da teoria à prática* (6ª ed.). Papirus.
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. <https://media.journportfolio.com/users/76928/uploads/f07af6be-1b7d-4c52-b97d->

[f5b38c8f78e1.pdf](#)

- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2000). Introduction: The discipline and practice of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., pp. 1–28). Sage.
- Fiorentini, D. (1995). Alguns modos de ver e conceber o ensino da Matemática no Brasil. *Zetetiké*, 3(2), 1–36.
- Flick, U. (1998). *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Sábio.
- Freire, P. (2005). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa* (31ª ed.). Paz e Terra.
- Goldenberg, M. (2004). *A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais* (8ª ed.). Record.
- Gonçalves, G. B., Leite, M. A. A., & Pereira, J. S. (2011). Influência das distintas modalidades de reabilitação sobre as disfunções motoras decorrentes da doença de Parkinson. *Revista Brasileira de Neurologia*, 47(2), 22–30. <http://files.bvs.br/upload/S/0101-8469/2011/v47n2/a2210.pdf>
- Goulart, F., & Pereira, L. X. (2005). Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. *Fisioterapia e Pesquisa*, 11(1), 49–56. <https://doi.org/10.1590/fpusp.v11i1.76385>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2023). *Censo escolar da educação básica 2023: Resumo técnico*. <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/mec-e-inep-divulgam-resultados-do-censo-escolar-2023>
- Miguel, A., Fiorentini, D., & Miorim, M. A. (1992). Álgebra ou geometria: Para onde pende o pêndulo? *Pro-Posições*, 3(1), 39–54. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8644424>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Education at a glance 2023: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95–123.
- Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: Repensando a escola na era da informática*. Artes Médicas.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Ponte, J. P. (1992a). *Investigar para ensinar Matemática*. Associação de Professores de Matemática.
- Ponte, J. P. (1992b). Problemas de Matemática e situações da vida real. *Revista de Educação*, 2(2), 7–19. <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10451/4224/1/Ponte%20RE%201992.pdf>
- Ponte, J. P. (1992c). Concepções dos professores de Matemática e processos de formação. In J. P. Ponte (Org.), *Educação Matemática: Temas de investigação* (pp. 185–239). Instituto de Inovação Educacional. https://www.researchgate.net/publication/277037993_Concepcoes_dos_Professores_de_Matematica_e_Processos_de_Formacao

- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT Press.
- Resnick, M. (2024). Generative AI and creative learning: Concerns, opportunities, and choices. *An MIT Exploration of Generative AI*. <https://doi.org/10.21428/e4baedd9.cf3e35e5>
- Santana, C. M. F., Lins, O. G., Sanguinetti, D. C. M., Silva, F. P., Ângelo, T. D. A., & Coriolano, M. G. W. S. (2015). Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 18(1), 49–58. <https://doi.org/10.1590/1809-9823.2015.14004>
- Santos, L. R., Sousa, L. R., Lopes, C. R., Dionísio, J., & Fenelon, S. B. (2017). Game terapia no Parkinson. *Revista Brasileira de Ciência & Movimento*, 25(4), 32–38. <https://doi.org/10.31501/rbcm.v25i4.6892>
- Sociedade Brasileira de Computação. (2023). *Sociedade Brasileira de Computação*. <https://www.sbc.org.br/>
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University Press. https://www.researchgate.net/publication/281665057_Thinking_as_communicating_Human_development_the_growth_of_discourses_and_mathematizing
- Sfard, A. (2015). Learning, commognition and mathematics. In D. Scott & E. Hargreaves (Eds.), *The SAGE handbook of learning* (pp. 129–138). SAGE. <https://www.researchgate.net/publication/288839755>
- Skovsmose, O., & Valero, P. (2021). *Diálogo e aprendizagem em educação Matemática* (3ª ed.). Autêntica.
- UNESCO. (2021). *Relatório de monitoramento global da educação 2021/2: Os atores não estatais na educação: Quem são, o que fazem e com que efeito?* UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380076_por
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: Diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, 14(3), 864–897. <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/29051>
- Wing, J. M. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why? *The Link Magazine*, 6, 20–23. <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>