

Proposição de quebra-cabeças pitagóricos integrando DUA, semiótica e IA

Isaque de Souza Rodrigues¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

RESUMO

O teorema de Pitágoras, apesar de ser um dos temas mais recorrentes no contexto escolar, desafia a consolidação de salas de aula inclusivas quando as abordagens tradicionais algébricas limitam a compreensão conceitual e espacial dos alunos. Apesar dos marcos legais garantirem direitos educacionais acessíveis aos alunos em suas diferentes necessidades, ainda são necessárias práticas pedagógicas flexíveis que atendam às suas múltiplas demandas. Com base nessas premissas, este artigo propõe e analisa três tarefas didáticas para o ensino do teorema de Pitágoras: quebra-cabeças impresso em papel, quebra-cabeças impresso em modelo tridimensional e o uso da inteligência artificial generativa (IAg) para uma composição musical. Fundamenta-se no Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), com princípios de engajamento, representação, ação e expressão, e na semiótica. Trata-se de um estudo qualitativo com elaboração e proposição de tarefas a partir da experiência docente e de protótipos próprios. As tarefas envolvem manipulação tátil e visual de quebra-cabeças para visualização espacial e criação musical com IAg para expressão criativa, em grupos, com questionários e apresentações. A proposição ressalta a importância para a atenção na emergência de signos que podem transitar do sensorial ao simbólico matemático, alinhando-se ao DUA para minimizar barreiras cognitivas e promover mais autonomia e colaboração no aprendizado.

Palavras-chave: Desenho Universal para Aprendizagem, artefatos de mediação semiótica, teorema de Pitágoras, inteligência artificial generativa.

Proposing Pythagorean puzzles integrating Universal Design for Learning, semiotics, and Artificial Intelligence

ABSTRACT

The Pythagorean theorem, despite being one of the most recurrent topics in school contexts, poses challenges to the consolidation of inclusive classrooms when traditional algebraic approaches limit students' conceptual and spatial understanding. Although legal frameworks guarantee accessible educational rights for students with diverse needs, flexible pedagogical practices are still necessary to address their multiple demands. Based on these premises, this article proposes and analyzes three didactic tasks for teaching the Pythagorean theorem: a paper puzzle, a 3D-printed puzzle model, and the use of generative artificial intelligence (GenAI) for musical composition. The study is grounded in Universal Design for Learning (UDL), with its principles of engagement, representation, action, and expression, and in Peircean semiotics. Methodologically, it adopts a qualitative integrative review, with the propositional design of tasks based on teaching experience and self-developed prototypes, without empirical analyses. The tasks involve tactile and visual manipulation of puzzles for spatial visualization and musical creation using GenAI for creative expression, carried out in groups with questionnaires and presentations. The results indicate the emergence of pivot signs that transition from sensory to algebraic representations, aligning with UDL by eliminating barriers and promoting autonomy and collaboration.

¹Doutorando do programa PPGEDUC/UFRRJ. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Nilópolis. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8336-5317>. E-mail: isaque.rodrigues@ifrj.edu.br.

Keywords: Universal Design for Learning, semiotic mediation artifacts, Pythagorean theorem, generative artificial intelligence.

Propuesta de rompecabezas pitagóricos que integran el Diseño Universal para el Aprendizaje, la semiótica y la inteligencia artificial

RESUMEN

El teorema de Pitágoras, a pesar de ser uno de los temas más recurrentes en el contexto escolar, plantea desafíos para la consolidación de aulas inclusivas cuando los enfoques algebraicos tradicionales limitan la comprensión conceptual y espacial de los estudiantes. Aunque los marcos legales garantizan derechos educativos accesibles para estudiantes con diversas necesidades, aún son necesarias prácticas pedagógicas flexibles que atiendan sus múltiples demandas. Con base en estas premisas, este artículo propone y analiza tres tareas didácticas para la enseñanza del teorema de Pitágoras: un rompecabezas impreso en papel, un rompecabezas impreso en modelo 3D y el uso de inteligencia artificial generativa (IAg) para la composición musical. Se fundamenta en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), con los principios de compromiso, representación, acción y expresión, y en la semiótica peirceana. Metodológicamente, adopta una revisión integradora cualitativa, con la elaboración propositiva de tareas a partir de la experiencia docente y de prototipos propios, sin análisis empíricos. Las tareas implican la manipulación táctil y visual de rompecabezas para la visualización espacial y la creación musical con IA para la expresión creativa, realizadas en grupos, con cuestionarios y presentaciones. Los resultados señalan la emergencia de signos pivote que transitan de lo sensorial a lo algebraico, en consonancia con el DUA al eliminar barreras y promover la autonomía y la colaboración.

Palabras clave: Diseño Universal para el Aprendizaje, artefactos de mediación semiótica, teorema de Pitágoras, inteligencia artificial generativa.

INTRODUÇÃO

O teorema de Pitágoras, um dos temas mais conhecidos da geometria escolar, continua desafiando as salas de aula. Não é um desafio matemático, essa dimensão já está consolidada há muito tempo. A criticidade do tema está nas tradicionais abordagens metodológicas que, frequentemente, limitam-se à apresentação utilitarista de uma relação algébrica, empobrecendo a compreensão conceitual e espacial dos alunos, especialmente em contextos inclusivos. Mesmo que os dispositivos normativos (Brasil, 2010, 2015, 2020, 2025) garantam o direito ao aprendizado, a inclusão escolar requer mais do que intenções e documentos. Ações práticas capazes de atender às diversas demandas dos alunos são necessárias (Zerbato; Mendes, 2018). Com base nessa premissa, este artigo é uma pesquisa bibliográfica que propõe e analisa três tarefas didáticas para o ensino do teorema de Pitágoras: quebra-cabeças impreso em papel, quebra-cabeças impreso em modelo tridimensional (3D) e o uso da inteligência artificial generativa² (IAg) para uma composição musical. As três tarefas foram avaliadas sob as lentes epistemológicas do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) e da semiótica peirciana.

² Para fins de alinhamento conceitual, chamamos de inteligência artificial generativa toda tecnologia capaz de criar novos conteúdos, como textos, imagens, sons ou vídeos, a partir de solicitações humanas (UFRRJ, 2026).

No contexto das pesquisas sobre inclusão na educação, o DUA se destaca como uma estrutura pedagógica flexível, baseada em múltiplos meios de engajamento, representação e, ação e expressão, para eliminar barreiras ao aprendizado e fomentar integração, conforme diretrizes atualizadas do CAST (2024)³. Paralelamente, a semiótica fenomenológica de Peirce (2017), aplicada por Bussi e Mariotti (2008) ao conceito de artefatos de mediação semiótica, oferece ferramentas analíticas para examinar signos emergentes em tarefas didáticas, facilitando o movimento da experiência sensorial ao conceitual matemático. Os signos emergentes são artefatos, mas as tarefas também o são, bem como os recursos que a constituem (quebra-cabeça, software, malha quadriculada etc.)

Assim, objetivando propor tarefas que integrem os três princípios fundamentais do DUA – múltiplos meios de engajamento, representação e ação e expressão –, este artigo apresenta quebra-cabeças pitagóricos elaborados em fundamentos conceituais da semiótica integrados ao DUA em uma prática que também insere a IA. Através dessas proposições, o trabalho objetiva discutir o potencial das tarefas que utilizam quebra-cabeças e inteligência artificial para o ensino do teorema de Pitágoras sob a perspectiva integrada do DUA à semiótica. Para isso, cada tarefa didática proposta foi apresentada e exemplificada e o seu potencial didático foi analisado com base nos fundamentos conceituais da semiótica integrados ao DUA.

As proposições nasceram inicialmente da experiência do autor como professor de geometria e foram amadurecidas para uma oficina apresentada na disciplina “Produção de dados na perspectiva do Desenho Universal para Aprendizagem”, ofertada pelo programa PPGEDUC/UFRRJ em janeiro de 2026 e, posteriormente, após implementação em turmas do autor, cuja análise parcial está apresentada em Rodrigues e Bairral (2026). Para a construção dos artefatos físicos foram usados recursos próprios do autor. As pesquisas bibliográficas também foram ricas fontes de inspiração e estruturação das propostas.

Ao mostrar uma integração entre a semiótica peirceana e o DUA, este artigo oferece um caminho promissor para planejar práticas pedagógicas inclusivas, capazes de contemplar a diversidade de estudantes. Também contribui para que, por meio de

³ Center for Applied Special Technology (CAST) é organização sem fins lucrativos sediada em Wakefield, Massachusetts (EUA), pioneira no desenvolvimento do DUA desde 1984. Mantém o quadro oficial em udlguidelines.cast.org, atualizado para versão 3.0 em julho de 2024, com diretrizes baseadas em neurociência para práticas inclusivas.

percepções sensoriais, um tema clássico da geometria seja ressignificado para além da mera manipulação algébrica. A seguir, detalham-se os fundamentos teóricos, a metodologia e as análises que sustentam seu potencial pedagógico.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A análise teórica das tarefas propostas neste artigo baseia-se em dois fundamentos: o Desenho Universal de Aprendizagem (DUA) e a semiótica. Ambas as teorias estão fortemente consolidadas nas pesquisas em educação e podem ser estudadas por diversas perspectivas. Para este trabalho, limitaremos a fundamentação teórica aos conceitos usados nas análises.

2.1 O DESENHO UNIVERSAL PARA APRENDIZAGEM

O Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) é uma abordagem pedagógica flexível que visa eliminar barreiras ao aprendizado. Conforme Pletsch et al. (2021), o DUA possibilita acesso de todos ao currículo, independentemente de suas condições, respeitando particularidades por meio de estratégias pedagógicas diferenciadas.

Desenvolvido pelo Center for Applied Special Technology (CAST, 2024), o DUA atualiza suas diretrizes periodicamente (versão 3.0 em 2024) com princípios e *checkpoints* práticos para docentes, enfatizando inclusão proativa em vez de adaptações reativas (Herederero; Goes; Goes, 2025).

O DUA estrutura-se em três princípios principais, que orientam a planejamento curricular inclusivo. A figura 1 apresenta os princípios do DUA.

Figura 1 – Tabela com os princípios do DUA

Princípio	Descrição Principal	Objetivo Educacional
Múltiplos Meios de Engajamento	Otimiza motivação e envolvimento com opções variadas de interesses, desafios e colaboração.	Estimular interesse e persistência na aprendizagem.
Múltiplos Meios de Representação	Apresenta conteúdo em formatos diversos (visual, auditivo, tátil) para ativar reconhecimento.	Facilitar compreensão e acesso à informação.
Múltiplos Meios de Ação/Expressão	Oferece formas flexíveis de expressão e execução, com suporte à autorregulação.	Permitir demonstração de competências de modo autônomo.

Fonte: Elaboração própria

A elaboração de tarefas assume um papel central na promoção de práticas pedagógicas que integrem os princípios do DUA. Elas são essenciais para a construção de planejamentos que consideram as múltiplas vias de engajamento, representação e ação/expressão. Entretanto, esse pode ser um trabalho bem desafiador. Para orientar a construção de um planejamento inclusivo, Souza, Pletsch e Souza (2020) desenvolveram um roteiro, ilustrado na figura 2, que auxilia o professor.

FIGURA 2 – Roteiro de questões para a elaboração de aulas na perspectiva do DUA



Fonte: Souza, Pletsch e Souza (2020, p.220), modificada pelo autor com auxílio da IA Google (2026)

Descrição da figura 2: O diagrama apresenta um fluxograma em formato de estrada asfaltada sinuosa, representando o planejamento educacional baseado nos princípios do DUA. Possui uma caixa central com a palavra "DUA". O fluxograma inicia com uma placa verde contendo a palavra "currículo" e uma seta apontando para a estrada. Da estrada partem quatro placas na cor laranja com as perguntas "Quem são os estudantes?", "Qual é o nosso objetivo?", "Quais são as barreiras?" e "Quais são os recursos que podem ajudar?". Após as perguntas há uma outra placa laranja com a frase "Removendo as barreiras". O caminho culmina em "Feedback" (ícone de lápis e papel), simbolizando a eliminação de obstáculos para aprendizagem inclusiva.

Uma das questões apresentadas neste roteiro é "Quais são os recursos que podem ajudar?". Nesse sentido, Moral e Moreno-Tallón (2025) apontam que a inteligência artificial (IA) pode ser uma grande aliada às atividades desenvolvidas em sala, oferecendo ferramentas poderosas para implementar tarefas educacionais alinhadas aos princípios do DUA. Para as autoras, a IA promove autonomia por meio da IA adaptativa, acessibilidade e personalização, integrando princípios para equidade em educação inclusiva. Essa forma de pensar a IA alinha-se ao marco referencial de competências em IA para professores (UNESCO, 2025) que define cinco valores e habilidades a serem observados: (1)

mentalidade centrada no ser humano, (2) ética da IA, (3) fundamentos e aplicações de IA, (4) pedagogia da IA e (5) IA para o desenvolvimento profissional. Baseados nesses princípios, propomos uma tarefa que usa a IA como recurso inclusivo, analisando-a sob a perspectiva do DUA integrado à semiótica.

Embora reconheçamos a amplitude dos princípios do DUA, este trabalho adota os conceitos expostos nesta seção como referência analítica para as tarefas propostas. As considerações sobre como os recursos sensoriais dos artefatos didáticos atendem aos fundamentos do DUA serão feitas na análise específica de cada tarefa.

A SEMIÓTICA COMO PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO DE TAREFAS DIDÁTICAS

A semiótica é o estudo fenomenológico dos signos e dos processos de significação, envolvendo uma tríade dinâmica de elementos: signo (também chamado de *representamen*), objeto do signo e signo interpretante. Peirce (2007) construiu uma base de interpretação do mecanismo que constrói o pensamento. Para ele, o indivíduo, ao interagir com o mundo que o cerca, elabora imagens mentais (os signos interpretantes) que se relacionam com outras já construídas, gerando novas imagens, em um processo encadeado chamado *semiose*. Essa forma de interpretar a construção do conhecimento por meio de experiências sensoriais amplia a janela de possibilidades metodológicas para o ensino, e em particular, para o ensino de geometria.

A partir da semiótica fenomenológica de Pierce (2017) e da Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 1991), Bussi e Mariotti (2008) oferecem uma perspectiva robusta para a construção de tarefas didáticas matemáticas. As autoras identificam três categorias de signos que emergem em um ciclo didático: *signos de artefato*, *signos pivô* e *signos matemáticos*. Os Signos de artefato referem-se diretamente ao uso do artefato, como gestos ou palavras que descrevem ações específicas, ancorados na experiência situada na tarefa. Esses signos contingentes, ligados à solução particular da tarefa, diferenciam-se dos signos culturalmente determinados (como os símbolos matemáticos algébricos), que são socialmente convencionados e não espontâneos.

Os signos pivô, por sua vez, funcionam como mecanismos que estabelecem pontes entre o contexto do artefato (específico da tarefa) e o domínio matemático (geral e convencionado). No contexto do ensino de geometria, a percepção da materialidade e da espacialidade de um artefato geométrico são muito importantes nesse processo. A partir da experiência, o aluno cria esquemas de manipulações que originam signos

interpretantes capazes de se relacionar com os signos socialmente convencionados, originando novos conhecimentos. O potencial semiótico dos artefatos como ferramentas de mediação semiótica está em construir signos que promovam a transição das percepções pessoais para significados matemáticos institucionalizados.

Ao planejar tarefas relativas ao teorema de Pitágoras, a abordagem semiótica pode ser uma grande aliada ao Desenho Universal para Aprendizagem (DUA). Por meio de artefatos de mediação semiótica (modelos tridimensionais, impressos em papel e ambientes digitais), diferentes signos de artefato emergem com base em sua materialidade e espacialidade, tornando-os acessíveis a diferentes perfis sensoriais. Isso garante diferentes meios de representação da relação que se pretende estudar. Dessa forma, diversas alternativas de engajamento, ação e expressão tornam-se possíveis nas tarefas, considerando o potencial dos diferentes artefatos mediacionais. A intencionalidade didática do professor na construção desses artefatos pode promover a emergência de imagens mentais que sustentam uma compreensão conceitual mais inclusiva do teorema.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem teórico-propositiva fundamentada na revisão integrativa, definida por Souza, Silva e Carvalho (2010) como um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática. O procedimento metodológico não seguiu uma ordem linear, mas pode ser descrito em três ações principais que se alternaram: revisão bibliográfica direcionada, elaboração de propostas didáticas e análise conceitual das tarefas propostas. Com essa descrição metodológica objetivamos assegurar a reprodutibilidade e a coerência propositiva do trabalho.

A primeira ação consistiu em realizar uma revisão bibliográfica direcionada, não sistemática, porém qualitativamente rigorosa, sobre o ensino do teorema de Pitágoras, semiótica e DUA. O resultado foi convertido em um mapa de literatura especializada (Creswell, 2010), consultado sempre que necessário. Foram priorizadas obras clássicas (semiótica) e estudos recentes que analisam práticas inclusivas, semiótica aplicada, o ensino do teorema de Pitágoras e os princípios éticos no uso da inteligência artificial (IA), sempre observando a relevância conceitual e a aplicabilidade pedagógica.

Na segunda ação metodológica elaboramos as três propostas de tarefas didáticas: dois quebra-cabeças, um impresso em papel à tinta e um com impressora de filamento para modelos tridimensionais (3D), e uma tarefa sobre a composição de música com IA.

As duas primeiras propostas estão centradas em tarefas investigativas e a terceira, na composição musical como meio de expressão, protagonizada pelos alunos. Apesar de não terem sido feitas análises empíricas das proposições, as tarefas partem da prática do autor como professor de geometria, dos estudos empíricos feitos em práticas semelhantes, detalhados em Rodrigues e Bairral (2026), e das pesquisas bibliográficas sobre o tema. Para a construção dos artefatos concretos foram usados recursos próprios, tanto a impressora jato de tinta quanto a impressora de filamento para modelos 3D.

Na terceira ação, procedeu-se à análise das tarefas propostas sob as perspectivas do DUA e da Semiótica, cruzando os elementos semióticos emergentes com os três princípios do DUA. Essa integração das perspectivas permitiu identificar como cada tarefa tem o potencial de promover o aprendizado do teorema de Pitágoras por meio de múltiplas vias de engajamento, representação e ação/expressão.

Com base nos princípios éticos e responsáveis para o uso da inteligência artificial generativa (UFRRJ, 2026), esclarecemos que neste trabalho usamos a tecnologia “Perplexity” (Perplexity AI, 2026), disponibilizada pela conta institucional do autor. Seu uso se deu de forma a não substituir o pensamento crítico, tendo cada resposta passada pelo escrutínio do autor. Além da utilização intrínseca em uma tarefa proposta, a IA foi usada para correção gramatical, cruzamento de informações, formatação e sugestão de referências bibliográficas, busca de conteúdo, descrição das figuras e edição de textos.

AS PROPOSTAS DE TAREFAS DIDÁTICAS

As propostas de tarefas deste artigo procuram apresentar o potencial de quebra cabeças e da IA como artefatos mediadores para o ensino do teorema de Pitágoras. Não pretendemos esgotar todas as suas possibilidades, isso seria impossível. Nossa intenção é propor e analisar as tarefas considerando a perspectiva inclusiva do DUA, imbricada à estrutura fenomenológica da semiótica. Para isso, além dos artefatos em si, as tarefas consideram a relação social como parte indissociável na atividade de construção do conhecimento em sala de aula. O desenvolvimento da aprendizagem é diretamente social e afetivo, não depende somente do indivíduo (Vygotsky, 1991).

A realidade de cada sala de aula é diferente. Embora as propostas visem a integração de alunos com deficiências visuais e motoras, cada contexto escolar exige uma apropriação diferente das tarefas. “O professor ao propor um planejamento pedagógico, deve ter como foco as especificidades e possibilidades de seus educandos” (Caetano, 2018, p.75). Esse é o grande desafio do educador, entender a especificidade de cada aluno

e integrá-los ao contexto coletivo da turma. As propostas objetivam contribuir com princípios que possam ser reproduzidos e adaptados a alguns desses contextos.

Quebra-cabeças em papel e modelo 3d

A impressora de modelos 3D é um ótimo recurso para construir objetos plásticos a partir de conceitos geométricos. Sua versatilidade e precisão são diferenciais muito valiosos quando se pretende criar artefatos didáticos tridimensionais. É evidente que em um país tão contraditório quanto o Brasil, o uso desse equipamento ainda não é comum ao cotidiano escolar, como são as impressoras à tinta. Contudo, pensar estratégias que se utilizem dessa tecnologia justifica-se por apontar novas possibilidades de ensino, quando aplicáveis.

Motivado por essa justificativa, este trabalho propõe duas tarefas: um quebra-cabeças feito com impressora de filamento para modelos 3D e um quebra-cabeças feito com impressora jato de tinta. As tarefas são apropriadas para atividades em grupos, considerando a necessidade de manipulação de instrumentos, a troca de ideias e a discussão dos resultados obtidos.

Na tarefa que utiliza o quebra-cabeças feito com impressora de modelos 3D, o grupo receberá um kit contendo um tabuleiro e suas peças (figura 3a). Em um questionário impresso à tinta (e em Braille, caso necessário) o grupo deve responder às seguintes questões: 1) *Antes de resolver o quebra-cabeças, descreva brevemente as figuras geométricas que o compõem e como elas estão dispostas no tabuleiro.* 2) *Que relações vocês perceberam após a resolução do quebra-cabeças?* 3) *Que conceitos da geometria vocês podem relacionar à resolução do quebra-cabeças?*

FIGURAS 3a, 3b e 3c - Etapas de montagem do quebra-cabeça pitagórico impresso em 3D⁴.



Fonte: Elaboração própria

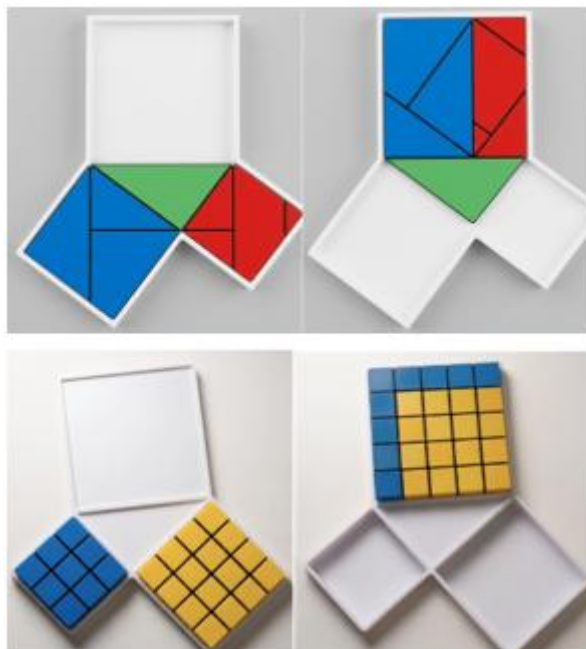
⁴ Um pequeno vídeo com a apresentação e montagem do quebra-cabeça pode ser acessado em: <https://youtu.be/wuybwtMPYa0>.

Descrição das figuras 3a, 3b e 3c: A imagem mostra três painéis sequenciais ilustrando o processo de montagem de um quebra-cabeça tridimensional baseado no teorema de Pitágoras. No painel esquerdo (a), um quadrado vermelho está com um de seus lados sobre um cateto vertical de um triângulo retângulo. Quatro peças verdes iguais em formato de quadrilátero formam um quadrado maior, que está com um de seus lados sobre o outro cateto (horizontal) do triângulo retângulo. No painel central (b), as cinco peças do painel anterior, um quadrado vermelho e quatro quadriláteros verdes, formam, juntas, um quadrado maior que está com um de seus lados sobre a hipotenusa do triângulo retângulo. O painel direito (c) é a ampliação de uma das peças verdes em formato de quadrilátero onde se destacam setas vermelhas finas indicando a palavra "pinos".

Os componentes desse artefato foram construídos considerando a percepção tátil em sua manipulação. As peças foram impressas com um pequeno pino que marca o vértice do ângulo reto (figura 3c) e com tamanhos e texturas adequadas para a leitura tátil. As cores vivas e o fundo branco destacam as peças sobre o tabuleiro. Esse contraste pode melhorar a visualização dos alunos que possuem baixa visão.

A depender das necessidades específicas dos alunos que compõem a turma, outras configurações de quebra-cabeças 3D podem ser usadas. Essas configurações podem contemplar diferentes níveis de dificuldade, viabilizando diferentes tarefas aos alunos de diferentes desenvolvimentos cognitivos. As figuras 4a e 4b mostram outros exemplos de quebra-cabeças pitagóricos construídos com impressora de filamento para modelos 3D.

FIGURAS 4a e 4b: Exemplos de quebra-cabeças modelo 3D



Fonte: Elaboração própria

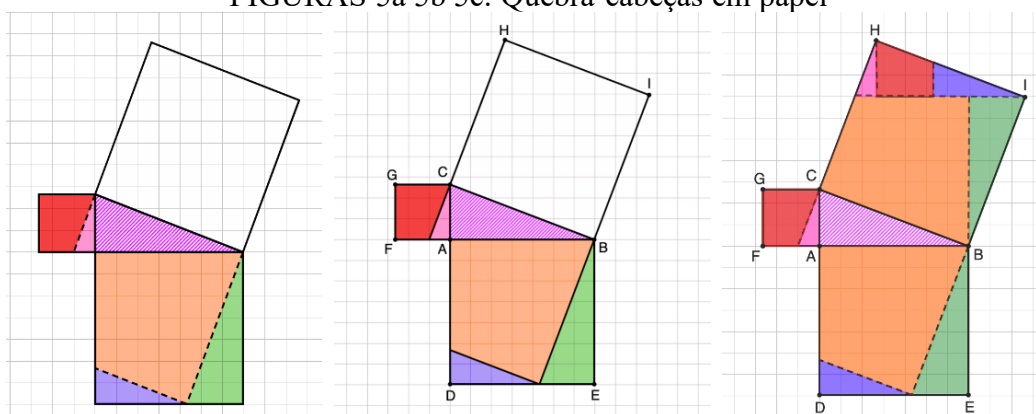
Descrição das figuras 4a e 4b: A figura apresenta quatro painéis sequenciais ilustrando duas diferentes configurações de quebra-cabeças pitagóricos. O painel superior esquerdo apresenta três peças azuis que

formam um quadrado e este compartilha um lado com um dos catetos de um triângulo retângulo verde. O mesmo acontece com outras quatro peças vermelhas sobre o outro cateto. O painel superior esquerdo apresenta as mesmas peças juntas, mas em uma configuração que forma um quadrado maior que compartilha um lado com a hipotenusa do triângulo retângulo verde. O painel inferior direito possui um quadrado formado por nove quadradinhos azuis, três colunas e três linhas, e um quadrado formado por dezesseis quadradinhos amarelos, quatro por quatro. Cada quadrado compartilha um lado com um cateto de um triângulo retângulo branco. O painel inferior esquerdo junta todos os vinte e cinco quadradinhos, azuis e amarelos, formando um quadrado maior, com cinco linhas e cinco colunas, que compartilha um lado com a hipotenusa do triângulo retângulo branco.

Plataformas online como tinkercad.com e thingiverse.com disponibilizam gratuitamente projetos para impressoras de modelos 3D. A partir dos projetos disponibilizados, podem ser feitas alterações nos objetos para que se adequem às intencionalidades de ensino.

Para a realização da tarefa que utiliza o quebra-cabeças impresso à tinta, o grupo receberá um kit com instrumentos para as atividades (régua, tesoura, cola bastão etc.) e duas cópias de um quebra-cabeças impresso (colorido) em folha A4 contendo um triângulo retângulo e um quadrado sobre cada lado desse triângulo. Uma cópia possui linhas pontilhadas para corte tanto no quadrado formado a partir da hipotenusa quanto nos quadrados formados a partir dos catetos. A tarefa consiste em cortar o quebra-cabeças de uma folha (figura 5a) e fazer a colagem na outra (figura 5b).

FIGURAS 5a 5b 5c: Quebra-cabeças em papel



Fonte: Elaboração própria

Descrição das figuras 5a e 5b: A figura exibe três painéis horizontais consecutivos representando estágios progressivos da construção geométrica de um quebra-cabeças sobre uma grade quadriculada branca. No painel central (5b) há um triângulo retângulo ABC (hipotenusa BC, cateto AC vertical à esquerda e cateto AB horizontal). O cateto vertical AC é o lado de um quadrado ACGF formado por duas peças. O cateto horizontal AB é o lado de um quadrado ABED formado por três peças. Um quadrado BCHI em branco é formado a partir da hipotenusa BC. O painel da esquerda (5a) é idêntico ao painel central, com exceção das linhas internas que são pontilhadas e não há indicação dos vértices com letras. O painel da direita (5c) também é idêntico ao painel central, mas com o quadrado da hipotenusa totalmente preenchido pelas cinco peças dos dois quadrados dos catetos juntas.

O objetivo desta ação é visualizar o encaixe exato das peças dos dois quadrados menores (formados a partir dos catetos) no quadrado maior (formado a partir da hipotenusa), conforme a figura 5c.

Em um questionário impresso à tinta (e em Braille, caso seja necessário) o grupo deve responder às seguintes questões: 1) *Antes de resolver o quebra-cabeças, descreva brevemente as figuras geométricas que o compõem e como elas estão dispostas.* 2) *Que relações vocês perceberam após a resolução do quebra-cabeças?* 3) *Que conceitos da geometria vocês podem relacionar à resolução do quebra-cabeças?*

Essas duas tarefas, aparentemente simples, têm importância didática que pode ser analisada à luz da semiótica. A primeira refere-se à espacialidade. Ao manejar as peças e verificar em que posições devem ser coladas ou encaixadas, as figuras geométricas assumem uma característica que vai além da conceitual. Por exemplo, o quadrado é conceituado geometricamente como um polígono de quatro lados iguais e quatro ângulos retos. A peça quadrada, ao ser manejada, materializa o conceito de quadrado e ele passa a ser um ente acessível por outros sentidos, não só pelo conceito construído formalmente. A comparação entre as formas e os tamanhos implica na construção de signos interpretantes que podem ser manipulados de maneira a se conectar com outras imagens mentais já existentes. Por causa da percepção espacial e da materialização, esses elementos geométricos tornam-se entidades mentais duplas, nas quais participam dois aspectos, o figurativo e o conceitual, complementando-se em um movimento contínuo para construir novos conhecimentos (Mariotti, 1992).

Outra contribuição da tarefa à aprendizagem do teorema de Pitágoras diz respeito ao movimento que, como uma dobradiça (pivô), evolui os signos que emergem do contexto do artefato para os signos de contexto matemático (Bussi; Mariotti, 2008). No contexto da tarefa, a expressão “quadrado do cateto” é um signo pivô. Ao perceber que as peças dos quadrados dispostos sobre os catetos (figuras geométricas), juntas se encaixam no exato espaço de forma quadrada disposta sobre a hipotenusa (figura geométrica), uma relação espacial emerge: A soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa. Aqui, “soma” assume a ideia de juntar as peças em um mesmo espaço. Os “quadrados dos catetos” e o “quadrado da hipotenusa” estão associados às peças que preenchem os espaços relacionados a essas figuras geométricas. Esse resultado tem características essencialmente espaciais, fundindo o conceito de área das figuras geométricas com as próprias figuras, ou seja, somar as áreas de dois quadrados é ressignificado como somar os dois quadrados.

A linguagem usada na tarefa potencializa o movimento conceitual de outras ressignificações. Ela pode transportar o conceito de “área do quadrado do cateto” para o conceito aritmético “cateto elevado ao quadrado” (daí o termo dobradiça). Nesse caso, cateto deixa de ser o segmento de reta e passa a ser o valor numérico que representa a medida desse segmento. Inicialmente, o quadrado era percebido como uma entidade física, distribuída espacialmente. Ao perceber que quadrado também é o termo usado para a operação “elevado a dois”, um outro signo pode surgir, essencialmente abstrato e de contexto algébrico (matemático). Seu significado, antes relacionado ao contexto do artefato, assume outra generalidade por meio de seu uso na linguagem natural (Bussi; Mariotti, 2008). A figura 6 ilustra esse movimento semiótico.

FIGURA 6: signo pivô no teorema de Pitágoras



Fonte: Elaboração própria com auxílio da IA Google (2026)

Descrição da figura 6: A figura é um fluxograma dividido em duas partes principais conectadas por setas azuis, sobre um fundo branco, com elementos geométricos coloridos. Na parte esquerda há um quadrado dividido em três regiões de cores distintas, como um quebra-cabeças, e uma legenda acima escrita “signo do artefato”. Uma seta, com a legenda superior escrita “signo pivô”, aponta horizontalmente desse quadrado para a frase “quadrado do cateto”. Outra seta, com a legenda ao lado esquerdo escrita “signo pivô”, aponta verticalmente dessa frase para a expressão escrita em símbolos matemáticos “b elevado a dois”. Ao lado da expressão há uma legenda escrita “signo matemático”.

O processo de generalização também é potencializado nessa tarefa. Ao considerar numericamente as medidas dos catetos e da hipotenusa, as manipulações aritméticas tornam-se possíveis e, conseqüentemente, as representações e manipulações algébricas também. Representando as medidas da hipotenusa e dos dois catetos pelas letras a, b e c, respectivamente, a expressão “A soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa”, antes deduzidas a partir de percepções espaciais, agora pode tomar a forma algébrica $b^2 + c^2 = a^2$. A relação dialética sensorial-abstração foi possível pela ação dos signos pivô que, apesar de concluir a generalidade de uma relação algébrica, não perdeu seu referencial espacial, ancorado na experiência sensorial.

Com relação ao DUA, algumas considerações também podem ser feitas sobre a tarefa. A primeira é a possibilidade intrínseca de manipular as peças do quebra-cabeças. Como defendido pela semiótica, o estímulo sensorial provocado pela visualização e pelo toque são caminhos perceptivos alternativos ao argumento dedutivo. Acreditamos que as cadeias lógicas, estruturas próprias da matemática, são importantes para ampliar o repertório cognitivo do aluno, mas não devem ser o fim em si mesmas. O Neurocientista Damásio (2011) aponta a capacidade do cérebro de mapear o corpo a partir do contato com objetos físicos. Por meio de um tipo de fusão entre a percepção sensorial e a dedução lógica, esse mapeamento cria imagens mentais que consideram tanto a dimensionalidade dos objetos conceituais percebidos quanto a relação entre eles. Essa alternativa didática ao ensino do teorema de Pitágoras abre novos caminhos para a sua apropriação e ressignificação, conforme defendido pelo DUA. A tarefa com o quebra-cabeças não é apenas uma ferramenta com a finalidade utilitarista de resolver um problema. Ela é uma mediadora cognitiva, que amplia a capacidade de perceber relações e cria novas formas de pensá-las.

Essas considerações nos mostram que a tarefa está em consonância com os princípios de engajamento e representação. Engajamento por proporcionar opções de diferentes atividades em grupo para realizar a tarefa. Cada aluno, como parte de um grupo, pode contribuir com suas habilidades, físicas ou não, para o objetivo comum. Mesmo que o quebra-cabeças impresso em papel exija habilidade manipulativas, como usar tesoura e cola, a tarefa construída com modelo 3D utiliza-se da percepção sensorial tátil, contemplando outros meios de participação e potencializa múltiplos meios de engajamento. Quanto à representação, o acesso à tarefa também se dá por diversos meios. O contraste de cores pode ajudar os alunos com baixa visão com a identificação de formas. A colagem das peças é um bom recurso para a visualização. Os conceitos matemáticos como quadrado (figura geométrica), elevar ao quadrado (conceito aritmético), ângulo, cateto, hipotenusa etc., emergem da atividade (ação) como múltiplos recursos de representatividade e de expressão do pensamento. A malha sobre a qual o quebra-cabeças está impresso tem a intencionalidade de estabelecer um meio referencial de tamanho (dimensão) e forma (ângulo reto). Esse é mais um canal de percepção da espacialidade e das características envolvidas na tarefa.

Quanto aos meios de expressão, a ação de responder o questionário em grupo assume o protagonismo. Esses alunos, ao descreverem para seus pares as figuras e os elementos que a compõem, precisam se organizar para discutir suas respostas de forma

que possam se fazer entender. A análise precisa ser compartilhada. Essa autorregulação possibilita ao grupo a criação de estratégias que contemplem as necessidades específicas de seus integrantes. Embora o conceito de autorregulação proposto pelo DUA implique na autonomia dos alunos para se organizarem, tomarem suas próprias decisões e no processo se desenvolverem, o professor ainda possui a importante tarefa de mediar, quando necessário, esse processo. Seu papel é administrar possíveis dificuldades nas comunicações intragrupo. Já na apresentação dos resultados para a classe (comunicações intergrupos), os grupos têm a possibilidade de apresentar seus resultados de formas variadas: símbolos matemáticos, expressões com referências geométricas formais, descrição em linguagem coloquial etc. A liberdade na articulação dos meios de expressão dos resultados da tarefa implica que, ao fazer suas escolhas, o grupo personalize sua forma de representação, criando um ciclo que retorna aos princípios de engajamento e de representação.

A universalização absoluta dos meios de engajamento, representação e ação/expressão em uma única tarefa didática é virtualmente impossível. O foco não deve estar na tarefa em si, mas nos alunos que a executarão. A universalidade do DUA se realiza ao conhecer o contexto da sala de aula para contemplar as necessidades e potencialidades de todos os seus alunos. No caso das duas propostas de tarefas com quebra-cabeças, não foram contemplados recursos que consideram a percepção auditiva, a sensibilidade artística e a habilidade com tecnologias digitais. A depender do contexto da turma, outras tarefas são necessárias para que, de fato, a prática de ensino seja para todos. Nesse sentido, a tarefa a seguir é proposta como complementar às tarefas com quebra-cabeças.

A composição de uma música

Esta tarefa tem por finalidade prática a composição de uma música sobre o teorema de Pitágoras. Compor uma música exige certas competências que podem se configurar como um grande desafio a quem se propõe a fazê-lo. No sentido de viabilizar esse objetivo, a IAg pode se tornar uma grande aliada. Não queremos diminuir ou substituir a capacidade humana de compor belas obras artísticas, delegando esse privilégio à tecnologia. Pelo contrário, ao dispor desse recurso, novas possibilidades de criação e edição musical podem emergir, ampliando a liberdade artística de quem, por outros meios, teria muitas dificuldades. Por isso optamos em usar a IAg tanto para auxiliar quanto para viabilizar uma tarefa que traz em sua essência a capacidade de se expressar

por meio de uma arte tão popular: a música.

A tarefa consiste em convidar cada grupo da turma a compor uma pequena música com o tema “teorema de Pitágoras”. Graças ao avanço e à disponibilidade das inteligências artificiais, não são necessários conhecimentos técnicos em teoria musical para uma composição simples. Neste trabalho não discutiremos aspectos relacionados à qualidade das composições feitas com essa tecnologia. Nossa intenção é abrir mais uma janela de possibilidades para a expressão dos alunos, sem com isso ferir espaços éticos.

Para a composição musical será necessário estabelecer critérios e apresentar os recursos adequados à resolução da tarefa. Na nossa proposta, o primeiro critério é que a letra da música, além de tratar do tema, tenha duas estrofes, um coro e dure, no máximo, três minutos. Esse limite precisa ser estabelecido prevendo que os grupos devem apresentar suas criações para a turma. Para a criação da letra, o professor pode, inclusive em trabalho conjunto com os professores de língua portuguesa ou artes, estabelecer que os alunos não usem dispositivos de IA para a composição. Nesse caso, a tarefa torna-se mais complexa, porém mais criativa, dando oportunidade mais ampla de expressão dos alunos.

Nossa proposta, entretanto, possibilita a escrita da letra usando uma IA generativa para auxiliá-los. Com esse movimento, a discussão na futura apresentação dos resultados pode ser centrada na análise dos *prompts* usados. A letra apresentada a seguir é um exemplo de criação da IA Mureka (2026)⁵, versão gratuita, em janeiro de 2026. O *prompt* usado foi: *Escreva uma letra alegre para uma música rock sobre o "teorema de Pitágoras" com duas estrofes e um coro. A letra deve conter a frase "O quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos"*.

*No compasso da vida, a matemática dança*⁶

[Verso]

No compasso da vida, a matemática dança / Triângulos retângulos, são pura elegância / Pitágoras grita com toda a certeza / A chave do enigma, a grande beleza. / Linhas se cruzam, números brilham / O mundo se encaixa, ninguém se perde mais.

[Coro]

⁵ Disponível em: <https://www.mureka.ai/pt/create>

⁶ A música pode ser ouvida em: https://www.mureka.ai/pt/song-detail/H5RYUXEhM9hXJgz8US4oj8?is_from_share=1

O quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos! / Rock 'n' roll e geometria, vamos celebrar os segredos! / O quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos! / Na batida do acorde, a verdade ecoa nos versos!

[Verso]

No palco do universo, os ângulos cantam / 90 graus de pura emoção que não se acabam. / Com régua e guitarra, desvendamos o código / Pitágoras sorri, é nosso grande método.

Linhas se cruzam, números brilham/ O mundo se encaixa, ninguém se perde mais.

Esse exemplo mostra como elementos textuais e artísticos demandam estabelecer parâmetros de criação, via *prompt*, para que o grupo tenha um resultado que, de fato, os represente. Isso significa que o movimento criativo não fica a cargo exclusivamente da tecnologia. Há uma troca não linear, com movimentos de idas e voltas até que o resultado final seja satisfatório. Esse processo, conhecido como refinamento de *prompt*, enriquece o desenvolvimento cognitivo, uma vez que contribui para a reconfiguração do pensamento por meio de experiências acumuladas pela iteratividade (tentativa e erro), pelo foco em resolver o problema e pela necessidade de manter clareza nos objetivos. Essas influências são convertidas em repertório para outras ações, tornando-se parte de uma nova maneira de pensar situações similares.

Para a produção do arranjo musical, nossa proposta é também usar a mesma IA. Nesse ponto da tarefa, além da expressão verbal, com a letra já escrita, surge uma nova relação com a arte. A música em si, é uma forma poderosa de expressão. Por isso, é interessante que cada grupo seja formado por afinidade de estilo musical. O resultado dependerá dos parâmetros dados à IA. No caso do exemplo exposto, os parâmetros usados foram: *rock, humor, guitarra, batida marcante*.

Como é necessário tempo para trabalharem aprimorando as suas composições, os grupos devem ser orientados a fazer a tarefa em outros ambientes (presenciais ou online), agendando uma data futura para a apresentação dos resultados finais à turma.

Além do objetivo prático de compor a música, a tarefa apresenta signos que mediam a construção de novos sentidos e estabelecem parâmetros para a utilização da IA como uma ferramenta cognitiva. Considerando as ações: atividades com artefato → produções individuais → discussão coletiva, a tarefa se enquadra na definição de ciclo didático feito por Bussi e Mariotti (2008). A IA generativa Mureka pode ser considerada o artefato central e as atividades com esse artefato se materializam em seu uso prático

para criar letras e arranjos. Como destacado pelas autoras, percebemos que essa fase é social e multimodal: os alunos trabalham em grupos, experimentam ações variadas com o artefato (prompts, refinamentos, seleções) e produzem signos espontâneos (verbais, gestuais, escritos no chat da IA) que descrevem o que estão fazendo. Essa interação, apesar de ser essencialmente uma ação do grupo, gera produções individuais de signos que tomam forma a partir da interpretação e subjetividade dos indivíduos: “Ficou mais engraçada”, “O refrão repete muito”, “Faltou falar dos catetos”, “Vamos pedir funk com humor”. Toda essa atividade de discussão coletiva e de negociação na produção da tarefa produz um resultado a ser apropriado pelo grupo. A tarefa não é um mero experimento livre, mas uma semente semiótica planejada. O artefato ativa ações que produzem signos iniciais, evoluindo por meio dos signos pivô aos signos matemáticos.

No caso da música apresentada como exemplo, existem vários elementos do contexto do artefato (admitindo a letra da música como um signo do artefato) que foram relacionados ao contexto matemático (signos matemáticos). O verso “com régua e guitarra, desvendamos o código” associa um instrumento musical (guitarra) a um instrumento de contexto geométrico (régua). O termo “código” pode ser interpretado como uma referência à fórmula algébrica tradicional do teorema de Pitágoras. Ao dizer “90 graus de pura emoção”, há uma associação evidente à medida do ângulo reto, conceito essencial ao teorema, com uma experiência afetiva (emoção). Essas associações exemplificam como o signo pivô movimenta duas dimensões sógnicas e podem servir de motivação para retomar explicitamente discussões como:

- *O que é, geometricamente, um triângulo retângulo?*
- *Por que a expressão “90 graus” na frase “90 graus de pura emoção”?*
- *Que “código” está sendo “desvendado”?*

Ao ressignificar esses termos, o professor ajuda a deslocá-los da dimensão musical para a dimensão conceitual, sem perder a ancoragem na experiência dos estudantes. Para resultados como esse, é importante considerar a qualidade do *prompt* usado. Nesse exemplo, o *prompt* exigiu que, além de uma música alegre, a letra contivesse a frase literal do teorema de Pitágoras. Esses parâmetros induziram a introdução de elementos que apontam movimentos possíveis dos signos contingentes para os signos matemáticos institucionalizados.

Sob uma perspectiva do DUA, percebemos que a tarefa oferece flexibilidade para atender à diversidade de alunos por meio de múltiplos meios de engajamento, representação e ação/expressão, conforme as diretrizes do CAST (2024). O uso da IA g

permite acesso para a realização da tarefa e elimina demandas por habilidades motoras finas, como cantar e tocar um instrumento. Ela pode ser usada via comandos de voz ou texto simples, garantindo viabilidade, reduzindo barreiras e permitindo acesso personalizado, sem prejudicar a socialização.

O engajamento é percebido pela autonomia que os grupos têm de trazer seus gostos por estilos musicais e interesses pessoais. Podem ser formados grupos por afinidade de estilo musical (rock, rap, sertanejo etc.), aumentando a relação afetiva com o contexto escolar e combatendo a desmotivação nas aulas de matemática, quando muito abstratas. A opção de usar IA reduz barreiras para alunos sem habilidades musicais e amplia as possibilidades daqueles que já estão familiarizados ao contexto de produção musical. Apresentação oral para a turma fomenta colaboração e sensação de realização, fatores muito relevantes ao engajamento.

Na tarefa, o teorema, quando apresentado em forma de música, faz uso de diversos canais perceptivos. A letra ritmada, o coro que se repete, o arranjo instrumental e as batidas rítmicas possuem um importante papel no desenvolvimento socioafetivo, cognitivo e linguístico, além de ser um facilitador na aprendizagem (Souza; Júnior; Fernandes, 2023). Essa conexão com a música, “faz com que o aluno entre em contato com o mundo ao seu redor de maneira prazerosa, permeando a consciência e construindo sua identidade” (Celestino; Gonzales, 2024, p.5). A representatividade não se dá apenas pelo gosto musical na composição, mas na representação da própria identidade. Símbolos corporais, sons e as palavras usadas são exemplos de meios que fornecem opções para a compreensão para o teorema.

A composição e execução da música é, por si só, um poderoso meio de expressão. A autonomia na escolha do ritmo, da letra e a performance da apresentação se configuram como múltiplos meios de ação/expressão. Além disso, “a música, no cotidiano escolar, pode não somente ajudar as crianças no aprendizado, mas também nos casos de crianças com problemas de relacionamento ou inibição” (Souza; Júnior; Fernandes, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas apresentadas neste artigo demonstram a viabilidade de integrar os conceitos da semiótica peirceana e o do Desenho Universal de Aprendizagem às tarefas para ensinar o teorema de Pitágoras. Utilizando artefatos como quebra-cabeças impressos em papel e em modelos 3D e a inteligência artificial para composição musical, as tarefas apresentaram alternativas à abordagem conceitual baseada apenas na operacionalização

algébrica. Esses recursos promovem múltiplos meios de engajamento, representação e ação/expressão, diminuindo ou até eliminando barreiras ao aprendizado.

A análise revela que quebra-cabeças táteis e atividades criativas com IA_g não apenas facilitam a visualização espacial do teorema de Pitágoras, mas também incentivam a colaboração em grupo e a autorregulação, alinhando-se aos princípios éticos de uso da IA_g na educação. No contexto brasileiro, onde o acesso às impressoras de modelos 3D ainda é limitado, essas tarefas podem ser adaptadas com materiais alternativos, ampliando sua aplicabilidade em salas inclusivas.

O maior potencial das tarefas que utilizam quebra-cabeças e IA_g como artefatos para o ensino do teorema de Pitágoras está na emergência de signos pivô que transitam da experiência sensorial ao conceitual matemático. Por meio dos canais perceptivos dos alunos, as múltiplas formas de utilização dos artefatos possibilitam a criação imagens mentais que sustentam uma compreensão conceitual mais inclusiva do teorema.

Outro resultado deste trabalho mostra que o uso da IA_g para a realização de tarefas didáticas oferece flexibilidade para atender à diversidade de alunos, ampliando a acessibilidade e motivando a participação coletiva. Além disso, a liberdade criativa na composição musical também evidencia que a tarefa está em consonância com os princípios de multiplicidade dos meios de engajamento, representação e ação/expressão, fundamentos do DUA. E ainda, a análise apontou que as ferramentas generativas viabilizam a expressão artística, sem substituir a criatividade humana, promovendo autonomia e alinhando-se aos princípios éticos do uso de IA_g na educação.

Sugerimos a realização de mais estudos empíricos em salas de aula reais, com tarefas que usem artefatos como mediadores semióticos para a promoção dos princípios do DUA. Esses trabalhos podem investigar em contextos reais como as atividades com os artefatos movimentam os signos que surgem a partir das experiências sensoriais em direção aos signos matemáticos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Marcos Político Legais da Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*. Brasília, DF: MEC/SEESP, 2010. 72 p. Disponível em: https://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=6726-marcos-politicos-legais&Itemid=30192. Acesso em: 26 fev. 2026.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da

União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em: 26 fev. 2026.

BRASIL. *Decreto nº 10.502, de 30 de setembro de 2020*. Institui a Política Nacional de Educação Especial: Equitativa, Inclusiva e com Aprendizado ao Longo da Vida. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1º out. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10502.htm. Acesso em: 26 fev. 2026.

BRASIL. *Decreto nº 12.773, de 8 de dezembro de 2025*. Altera o Decreto nº 12.686, de 20 de outubro de 2025, que institui a Política Nacional de Educação Especial Inclusiva e a Rede Nacional de Educação Especial Inclusiva. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 dez. 2025. Seção 1, p. 4. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2025/decreto-12773-8-dezembro-2025-798454-publicacaooriginal-177304-pe.html>. Acesso em: 26 fev. 2026.

BUSSI, Maria Bartolini; MARIOTTI, Maria Alessandra. *Semiotic mediation in the mathematics classroom: artifacts and signs after a Vygotskian perspective*. In: ENGLISH, Lyn D. (Ed.). *Handbook of international research in mathematics education*. 2. ed. New York, NY: Routledge, 2008. p. 746-783. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203930236-24>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203930236-24/semiotic-mediation-mathematics-classroom-artifacts-signs-vy>. Acesso em: 25 fev. 2026.

CENTER FOR APPLIED SPECIAL TECHNOLOGY - CAST. *UDL Guidelines version 3.0*. Wakefield, 2024. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 27 fev. 2026.

CELESTINO, Angela; GONZALES, Neidimar. *A inserção da linguagem musical na sala de aula: formação e desenvolvimento da criança*. Revista Cocar, Belém, v. 21, n. 39, p. 1-18, 2024. ISSN: 2237-0315. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/8207>. Acesso em: 25 fev. 2026.

CRESWELL, John. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAMÁSIO, Antônio. *E o cérebro criou o homem*. L. T. Motta, trad. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

GOOGLE. *Gemini 3 Flash. Versão gratuita*. [S.l.], 2026. Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em: 7 mar. 2026.

HEREDERO, E. Sebastian; GOES, Ana Rita; GOES, Helena. *Planejamento docente no contexto do Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos e estratégias*. Revista Educação Especial, Santa Maria, v. 38, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X93528>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/93528>. Acesso em: 25 fev. 2026.

MARIOTTI, Maria A. *Geometrical reasoning as a dialectic between the figural and*

the conceptual aspects. Structural Topology, v. 18, p. 9-18, 1992.

MORAL, Sofia V.; MORENO-TALLÓN, Francisca. *Inteligencia Artificial y Educación Inclusiva: soluciones tecnológicas para una enseñanza accesible. Revisión Sistemática*. Digital Education Review, n. 47, p. 62-77, jun. 2025. DOI: 10.1344/der.2025.47.62-77. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10245970>. Acesso em: 25 fev. 2026.

MUREKA. *Mureka 7.5 AI Music Generator* [software]. [S.l.]: Mureka.ai, 2026. Disponível em: <https://www.mureka.ai>. Acesso em: 7 mar. 2026.

PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica: tradução seletiva dos Collected Papers*. Tradução de J. T. C. Neto. [S.l.]: Perspectiva, 2017.

PERPLEXITY AI. *Perplexity versão Grok 4.1* [software]. San Francisco: Perplexity AI Inc., 2026. Disponível em: <https://www.perplexity.ai>. Acesso em: 7 mar. 2026.

PLETSCH, Márcia Denise; SOUZA, Izadora Martins da Silva de; RABELO, Lucélia Cardoso Cavalcante; MOREIRA, Saionara Corina Pussenti Coelho; ASSIS, Alexandre Rodrigues de (org.). *Acessibilidade e Desenho Universal na Aprendizagem*. Campos dos Goytacazes: Encontrografia, 2021. (Coleção Acessibilidade e Desenho Universal na Educação). ISBN: 978-65-88977-32-3. DOI: 10.52695/978-65-88977-32-3. Disponível em: <https://inlui.org/wp-content/uploads/2021/05/Ebook-Acessibilidade-e-Desenho-Universal-na-Aprendizagem.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2026.

RODRIGUES, Isaque.; BAIRRAL, Marcelo. *Mediação semiótica na compreensão do teorema de Pitágoras: tarefas que potencializam o movimento sensorial-abstração*. Artigo submetido à revista Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática (JIEEM), em avaliação, fev. 2026.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. *Revisão integrativa: o que é e como fazer*. Einstein (São Paulo), São Paulo, v. 8, n. 1, pt. 1, p. 102-106, mar. 2010. DOI: 10.1590/S1679-45082010RW1134. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?lang=pt>. Acesso em: 25 fev. 2026.

SOUZA JUNIOR, Francisco de Assis; FERNANDES, Licia Maria Eleutério. *A importância da utilização da música na escola*. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 23, no 6, 14 de fevereiro de 2023. Disponível em: https://gedh-uerj.pro.br/wp-content/uploads/tainacan/items/13783/15790/2020_SOUZA_PLETSCH_SOUZA_Livro_Digital_Acessivel_Processo_Ensino_Apredizagem_Alunos_Com_Deficiencia_Intelectual.pdf Acesso em: 01 de fevereiro de 2026.

SOUZA, Izadora M.; PLETSCH, Márcia D.; SOUZA, Flávia F. *Livro didático digital acessível no processo de ensino e aprendizagem de alunos com deficiência intelectual*. Revista Educação e Cultura Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 17, n. 51, p. 216-236, 2020. ISSN: 2238-1279. DOI: 10.26862/rec.v17i51.216. Disponível em: <https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/reeduc/articloe/view/8483>. Acesso em: 25 fev. 2026.

UNESCO. *Marco referencial de competências em IA para professores*. Paris: UNESCO, 2025. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000394280>. Acesso em: 24 fev. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO. *Guia para uso ético e responsável da inteligência artificial generativa na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*. [S.l.: s.n.], [2026]. eBook.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

ZERBATO, Ana Paula; MENDES, Enicéia G. *Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar*. Educação Unisinos, São Leopoldo, v. 22, n. 2, p. 147-155, abr./jun. 2018. ISSN: 2177-6210. DOI: 10.4013/edu.2018.222.04. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/edu.2018.222.04>. Acesso em: 25 fev. 2026.