

Inteligência Artificial nas aulas de Matemática: uma discussão sob a ótica da Teoria Histórico-Cultural

Artificial Intelligence in Mathematics Classes: a Discussion from the Perspective of Historical-Cultural Theory

Inteligencia artificial en las clases de matemáticas: un análisis desde la perspectiva de la teoría histórico-cultural.

Eliel Constantino da Silva¹

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Doutor em Educação Matemática

Resumo: Este artigo configura-se como um ensaio de natureza teórico-conceitual pautado no método histórico-dialético, dedicando-se à apreensão e reconstrução do movimento lógico-histórico do fenômeno estudado. Analisa-se a integração da Inteligência Artificial (IA) no ensino da Matemática sob a perspectiva da Teoria Histórico-Cultural (THC). Argumenta-se que a IA, compreendida como um instrumento cultural inserido na realidade dos estudantes, demanda uma abordagem pedagógica consciente e planejada para promover um aprendizado significativo. O estudo explora o papel do professor como mediador essencial, responsável por conectar as potencialidades tecnológicas ao universo cultural dos estudantes e aos objetivos curriculares. Conceitos fundamentais como a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e o processo de internalização são discutidos para demonstrar como a IA pode oferecer desafios acessíveis e estimular a formação de funções psicológicas superiores. Propõe-se, por fim, a Teoria da Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos como modelo para estruturar atividades que garantam a apropriação consciente do conhecimento matemático. Conclui-se que a integração da IA na Educação Matemática é um campo promissor que demanda uma visão do estudante como ser histórico e culturalmente situado.

Palavras-chave: Mediação. Instrumento cultural. Internalização. ZDP. Formação das ações mentais e dos conceitos.

Abstract: This article is a theoretical-conceptual essay based on the historical-dialectical method, dedicated to understanding and reconstructing the logical-historical movement of the phenomenon under study. It analyzes the integration of Artificial Intelligence (AI) in mathematics education from the perspective of Historical-Cultural Theory (HCT). It argues that AI, understood as a cultural instrument embedded in students' reality, demands a conscious and planned pedagogical approach to promote meaningful learning. The study explores the role of the teacher as an essential mediator, responsible for connecting technological potential to the students' cultural universe and curricular objectives. Fundamental concepts such as the Zone of Proximal Development (ZPD) and the internalization process are discussed to demonstrate how AI can offer accessible challenges and stimulate the formation of higher psychological functions. Finally, it proposes the Theory of Planned Stages of Mental Actions and Concepts as a model for structuring activities that guarantee the conscious appropriation of mathematical knowledge. In conclusion, the integration of AI in Mathematics Education is a promising field that demands a view of the student as a historically and culturally situated being.

¹ E-mail: eliel.constantino@uemasul.edu.br. Id orcid: [0000-0003-3555-791X](https://orcid.org/0000-0003-3555-791X). Link do lattes: <http://lattes.cnpq.br/9696353300576213>.

Keywords: Mediation. Cultural instrument. Internalization. ZDP. Formation of mental actions and concepts.

Resumen: Este artículo es un ensayo teórico-conceptual basado en el método histórico-dialéctico, dedicado a comprender y reconstruir el movimiento lógico-histórico del fenómeno estudiado. Analiza la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la enseñanza de las matemáticas desde la perspectiva de la Teoría Histórico-Cultural (THC). Argumenta que la IA, entendida como un instrumento cultural arraigado en la realidad de los estudiantes, exige un enfoque pedagógico consciente y planificado para promover un aprendizaje significativo. El estudio explora el rol del docente como mediador esencial, responsable de conectar el potencial tecnológico con el universo cultural de los estudiantes y los objetivos curriculares. Se discuten conceptos fundamentales como la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) y el proceso de internalización para demostrar cómo la IA puede ofrecer desafíos accesibles y estimular la formación de funciones psicológicas superiores. Finalmente, propone la Teoría de las Etapas Planificadas de las Acciones Mentales y los Conceptos como un modelo para estructurar actividades que garanticen la apropiación consciente del conocimiento matemático. En conclusión, la integración de la IA en la enseñanza de las matemáticas es un campo prometedor que exige una visión del estudiante como un ser situado histórica y culturalmente.

Palabras-clave: Mediación. Instrumento cultural. Internalización. ZDP. Formación de acciones y conceptos mentales.

Introdução

A Teoria Histórico-Cultural (THC), fundamentada nas obras de Vygotski (2014a; 2014b; 2014c; 2014d; 2014e; 2014f), oferece o arcabouço teórico-metodológico necessário para analisar a introdução da Inteligência Artificial (IA) no contexto da Educação Matemática. Sob essa lente, a IA não é meramente um instrumento tecnológico neutro, mas um artefato cultural complexo que carrega consigo formas específicas de representar o conhecimento, de resolver problemas e de interagir com o mundo.

Contudo, sua integração exige uma discussão filosófica e epistemológica que evite a fetichização da tecnologia, onde a máquina parece adquirir vida própria, obscurecendo as relações sociais e históricas que a produziram. O objetivo deste ensaio teórico é investigar e desvelar o movimento dialético que ocorre quando a IA é inserida nas aulas de Matemática, propondo caminhos para que sua mediação instrumental promova a formação consciente de conceitos, em vez de esvaziar a atividade de estudo dos sujeitos.

Sua presença na aula de Matemática, portanto, deve ser compreendida como um novo elemento mediador que pode transformar as relações entre professor, estudante e o saber matemático, influenciando o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores dos estudantes. Essa mediação, contudo, não ocorre em um vácuo técnico, mas está mergulhada na sistematicidade da atividade humana registrada e processada por algoritmos. Portanto, a introdução da IA exige o desvelamento da Ciência da Computação não apenas como suporte,

mas como um sistema de signos que reconfigura a própria consciência e o sentido pessoal do aprender (Goethel; Fonseca, 2025)

Nesse cenário de transformações, é fundamental compreender que a sociedade contemporânea é constantemente reconfigurada pela Ciência da Computação, um campo que transcende o desenvolvimento de *hardware* e *software* para abranger os princípios da automação, a resolução de problemas complexos e a criação de sistemas inteligentes. Nesse contexto, a IA emerge como uma de suas manifestações mais proeminentes, impactando diretamente o cotidiano e, por consequência, o ambiente educacional.

No cenário educacional brasileiro, a inserção da IA nas escolas transcende a mera experimentação tecnológica para se posicionar como um desafio e uma oportunidade complexa, a ser compreendida sob a ótica da THC. Embora dados do Censo Escolar e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) ainda não possam revelar a capilaridade total da IA na rotina pedagógica, observa-se um movimento crescente de iniciativas, tanto em redes públicas quanto privadas.

As iniciativas frequentemente se alinham às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que preconiza o desenvolvimento da cultura digital e do pensamento computacional, posicionando a tecnologia como um elemento curricular transversal. A cultura digital, quando compreendida para além de seu reducionismo técnico, caracteriza-se como uma nova mediação na atividade humana contemporânea, reconfigurando os sistemas de signos e as formas de comunicação social em uma sociedade historicamente datada (Lévy, 1999; Kenski, 2012).

Contudo, a materialidade tecnológica, por si só, é insuficiente para desenvolver funções psicológicas superiores, se não mediada por uma intencionalidade pedagógica que considere a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos estudantes e o papel central da atividade significativa, conforme postula Vygotski (2014b). A verdadeira contribuição da IA para o processo de ensino-aprendizagem da Matemática reside em sua capacidade de se tornar um instrumento cultural que, mediado pelo professor, engaje o estudante em atividades que promovam a internalização de novos signos e conceitos matemáticos, contextualizados em sua realidade sociocultural.

Um dos conceitos centrais da THC é o de mediação. Vygotski (2014b) argumenta que o desenvolvimento cognitivo é mediado por instrumentos e signos culturais. A IA, com seus algoritmos, interfaces e representações visuais, atua como um novo tipo de instrumento que pode mediar a formação de conceitos e habilidades da Matemática. Por exemplo, softwares de

geometria dinâmica com recursos de IA podem permitir que os estudantes tenham experiências de maneira mais concreta e interativa com conceitos matemáticos, enquanto sistemas de tutoria inteligente podem oferecer feedback personalizado e direcionar a atenção para aspectos importantes da resolução de problemas. Essa mediação tecnológica pode, potencialmente, expandir a ZDP dos estudantes, oferecendo desafios adequados ao seu nível de desenvolvimento e o suporte necessário para avançarem na compreensão matemática.

No entanto, a THC também nos alerta para a importância da internalização. Para que a interação com a IA promova desenvolvimento, as ações externas realizadas com a ferramenta precisam ser internalizadas e transformadas em processos mentais internos (Vygotski, 2014c). A simples utilização de um software de IA não garante a compreensão conceitual ou o desenvolvimento do raciocínio matemático em sua essência. É necessário que as atividades pedagógicas mediadas pela IA sejam planejadas de forma a estimular a reflexão, a análise, a síntese e a generalização, levando os estudantes a internalizarem as lógicas e os princípios matemáticos subjacentes às operações realizadas com a tecnologia.

Nessa perspectiva, o papel do professor torna-se ainda mais relevante como mediador do processo de ensino-aprendizagem. Longe de ser substituído, cabe a ele selecionar ferramentas adequadas, criar atividades significativas e promover a interação social, utilizando a IA como ponto de partida para discussões e para a produção coletiva do conhecimento matemático.

Ademais, a THC enfatiza a importância do contexto social e cultural no desenvolvimento cognitivo (Vygotski, 2014b). A introdução da IA nas aulas de Matemática não pode ser descontextualizada. É fundamental considerar como essa tecnologia se insere nas práticas sociais e culturais mais amplas e como ela pode influenciar a forma como os estudantes percebem e interagem com a Matemática em seu cotidiano (Silva; Javaroni, 2025a). A IA pode, por exemplo, ser utilizada para analisar dados do mundo real, conectando a Matemática escolar com situações culturalmente significativas aos estudantes, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem.

A presença da IA nas aulas de Matemática, sob a ótica da THC, representa uma oportunidade para enriquecer a mediação pedagógica e expandir as possibilidades de aprendizagem dos estudantes. No entanto, para que essa integração seja efetiva no desenvolvimento dos processos psicológicos superiores dos estudantes, é necessário que ela seja cuidadosamente planejada e implementada, considerando os princípios da mediação, da internalização, do papel do professor e do contexto sociocultural. A IA, como ferramenta

cultural, pode ser um aliado no processo de formação conceitual em Matemática, desde que sua utilização seja orientada por uma compreensão teórica sólida do desenvolvimento humano.

Para aprofundar a discussão, este artigo se propõe a explorar como essa abordagem teórica pode fundamentar um uso da IA que seja significativo para os estudantes, considerando os aspectos culturais do meio em que estão inseridos. A eficácia da IA como recurso pedagógico nas aulas de Matemática não reside apenas em suas capacidades tecnológicas, mas também em sua capacidade de se conectar com o universo cultural dos estudantes, suas experiências prévias e seus modos de interação com o mundo. Ao reconhecer a natureza cultural tanto do desenvolvimento cognitivo quanto dos instrumentos que o medeiam, podemos delinear estratégias de ensino que ampliem o uso da IA para promover um aprendizado engajador e significativo.

Este artigo está estruturado para aprofundar as discussões apresentadas, iniciando pelo percurso metodológico que orientou a pesquisa teórica. Posteriormente, busca-se aprofundar a reflexão sobre a formação do professor de Matemática no contexto da IA incluindo uma discussão sobre as limitações de seu uso no cenário educacional brasileiro, bem como uma análise que relaciona a BNCC, a Política Nacional de Alfabetização (PNA), a IA e a educação brasileira.

Nas seções subsequentes, essa discussão é ampliada por meio da reflexão sobre elementos chave da THC que se mostram particularmente relevantes para a integração da IA na Educação Matemática (e não só). Analisa-se o conceito de ZDP e como a IA pode ser utilizada para criar e sustentar espaços de aprendizado desafiadores e ao mesmo tempo acessíveis aos estudantes em seus contextos culturais específicos. Explora-se o papel da mediação, tanto da IA quanto do professor, na produção do conhecimento matemático, levando em consideração as particularidades culturais que moldam as interações e a comunicação em sala de aula.

Discute-se também o processo de internalização, discutindo como a interação com a IA pode levar à formação de conceitos e habilidades matemáticas que façam sentido dentro do referencial cultural dos estudantes. Aborda-se a visão que a THC oferece para o papel do professor nesse cenário, enfatizando sua função como mediador sensível às nuances culturais e capaz de conectar a tecnologia com as experiências e os conhecimentos prévios dos estudantes.

Além disso, dedica-se atenção especial ao papel do contexto sociocultural, argumentando que a integração da IA na Educação Matemática deve levar em conta as práticas culturais, os valores e as formas de pensar que caracterizam o ambiente em que os estudantes vivem. Neste artigo, defende-se a ideia de que olhar para a IA através das lentes da THC é

fundamental para garantir que seu uso na Educação Matemática não seja apenas uma inovação tecnológica, mas sim um instrumento para promover um desenvolvimento cognitivo significativo e culturalmente relevante para os estudantes.

Ao final, propõe-se uma possível forma de estruturar a atividade de ensino para as aulas de Matemática com IA, inspirados na Teoria de Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, de Galperin (1986), buscando uma abordagem pedagógica que considere tanto as potencialidades da tecnologia quanto os aspectos culturais do desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Percurso Metodológico

Este artigo configura-se como um estudo de natureza essencialmente teórica, pautado na compreensão de que a teoria não é um construto isolado, mas uma ferramenta para a interpretação crítica da realidade e a proposição de novos caminhos. Afasta-se das abordagens puramente descritivas ou classificatórias, adotando-se o método histórico-dialético (Pacífico, 2019, 1997; Vygotski, 2014a; 2014c) como base epistemológica.

Esse método permite apreender os fenômenos em sua totalidade, em seu movimento e em suas contradições internas, reconhecendo que o conhecimento se constrói na e pela práxis social (Silva; Javaroni, 2025b). Sob essa perspectiva, investigar um fenômeno de forma histórica significa estudá-lo em seu processo de mudança e transição, capturando sua gênese; e investigá-lo de forma dialética implica descobrir suas conexões internas e as contradições motoras que impulsionam seu desenvolvimento. Conforme Kosik (1976), a dialética não se restringe à descrição, mas busca desvelar a essência dos fenômenos, suas determinações históricas e suas possibilidades de transformação.

Nessa perspectiva, a análise conceitual, que constitui o cerne da presente investigação, não se limita a um mapeamento descritivo da literatura. Pelo contrário, ela se materializa como uma revisão bibliográfica crítica e interpretativa, que, ao buscar a gênese e o desenvolvimento dos conceitos em seu movimento contraditório e histórico, alinha-se aos pressupostos de autores como Lukács (1969) e Marx (2013), para quem a dialética não é um método de mera descrição, mas de desvelamento das relações sociais e históricas subjacentes aos fenômenos.

Desse modo, o estudo visa a uma compreensão da constituição do desenvolvimento cognitivo e do uso de instrumentos culturais, revelando suas determinações históricas e suas possibilidades de transformação. É neste escopo que se insere a análise da IA investigando-a não apenas como um instrumento tecnológico, mas como um novo e complexo instrumento

cultural, cujas emergência e apropriação no contexto da Educação Matemática devem ser compreendidas em sua totalidade dialética.

O estudo alicerça-se nas obras de Vygotski (2014a; 2014f), mobilizando dialeticamente conceitos como mediação, internalização e ZDP. Busca-se, com isso, compreender como a IA, na condição de um novo instrumento cultural, interage com o processo de ensino-aprendizagem da Matemática, tensionando as práticas vigentes e demandando novas formas de mediação sociocultural. Complementarmente, busca-se suporte na Teoria da Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, de Galperin (1986), modelo que oferece uma estrutura detalhada para a internalização de novas ações e conceitos, essencial para a proposição de atividades de ensino-aprendizagem de Matemática com IA sempre observando as contradições e os avanços históricos desse processo.

Para a construção da análise conceitual, foram mobilizados estudos de pesquisadores que investigam a intersecção entre tecnologias digitais, Educação Matemática e a THC no contexto brasileiro. Nesse sentido, destacam-se as contribuições de Valente (2016), cujo trabalho discute a formação de professores para o uso de tecnologias na Educação Básica, e a análise de documentos oficiais como a BNCC e a PNA, que delineiam as diretrizes para a inserção das tecnologias na educação brasileira.

Adicionalmente, pesquisas recentes sobre as tendências da Inteligência Artificial na formação de professores de Matemática, como as desenvolvidas por Luís et al. (2025), foram incorporadas para contextualizar e aprofundar as discussões sobre os desafios e lacunas na formação docente no Brasil, sempre em um movimento de análise das condições materiais e históricas que moldam esses fenômenos. Este percurso metodológico, ao operar sob a égide do método histórico-dialético, permitiu não apenas identificar e sintetizar o estado da arte do conhecimento sobre o tema, mas também situar a presente pesquisa em um contexto mais amplo de transformações sociais e educacionais, fundamentando teoricamente as reflexões apresentadas.

A Inteligência Artificial na formação do professor de Matemática: Reflexões e caminhos críticos

A crescente presença da IA no cenário educacional, conforme discutido, impõe uma reconfiguração urgente e profunda à formação de professores de Matemática. Longe de ser um mero aprimoramento técnico, a formação para o uso pedagógico da IA demanda uma compreensão crítica de suas potencialidades e limitações, em consonância com os pressupostos da THC. O professor de Matemática contemporâneo não pode ser apenas um usuário de

tecnologias; ele precisa se tornar um mediador capaz de contextualizar a IA como um instrumento cultural que modula o desenvolvimento das funções psicológicas superiores dos estudantes. Essa perspectiva vai além do *saber fazer* com a tecnologia, adentrando o *saber sobre* a tecnologia e, principalmente, o *saber ensinar com* a tecnologia de forma significativa, considerando as particularidades socioculturais do Brasil.

A análise de documentos oficiais, como a BNCC, e, indiretamente, a PNA, embora com focos distintos, convergem para a valorização das tecnologias digitais, sinalizando a urgência de uma alfabetização tecnológica e matemática que integre a IA. Contudo, é fundamental questionar se a abrangência da cultura digital na BNCC, por exemplo, é suficientemente robusta para guiar uma integração da IA na Matemática que vá além do uso instrumental, alcançando a compreensão crítica de seus algoritmos e vieses, e a formação de um pensamento matemático que dialogue com a lógica computacional de forma profunda e não meramente utilitária. Há um hiato entre o que os documentos oficiais preconizam e a realidade da formação inicial e continuada, o que exige um olhar mais crítico e investigativo dos pesquisadores em Educação Matemática.

Valente (2016) sublinha a necessidade de que a formação docente incorpore discussões sobre o letramento digital crítico e o papel do professor como designer de experiências de aprendizagem mediadas por tecnologias digitais. Ele argumenta que as atividades com tecnologias digitais, como a programação, não devem focar apenas na técnica, mas sim em como elas podem levar os estudantes a *pensar com* as máquinas e *pensar sobre* o próprio pensar. Isso implica em preparar o (futuro) professor para analisar algoritmos, compreender vieses da IA e, mais importante, planejar tarefas de estudo que utilizem a IA como um catalisador para o raciocínio matemático, e não apenas como um substituto para o cálculo ou a representação. A formação deve, portanto, focar no desenvolvimento de uma postura investigativa e de uma reflexão pedagógica constante sobre o impacto da IA no ensino-aprendizagem da Matemática.

No entanto, é imperativo reconhecer que a implementação da IA na Educação Matemática brasileira enfrenta limitações estruturais que transcendem a mera formação técnica. A despeito do otimismo em torno da IA, grande parte das escolas públicas sofre com assimetrias digitais profundas. Antes mesmo da proliferação da IA na educação brasileira, Javaroni e Zampieri (2019) já haviam documentado a condição histórica de desigualdade tecnológica nas escolas e suas implicações para as aulas de Matemática.

A infraestrutura tecnológica deficitária, que se manifesta na ausência ou na precariedade de acesso à internet de banda larga, na escassez de equipamentos adequados e na falta de

manutenção, constitui uma barreira material substancial para a inserção equitativa da IA. Essa disparidade agrava as desigualdades educacionais existentes, perpetuando o ciclo de exclusão ao privar uma parcela significativa de estudantes e professores de interagir plenamente com essas novas ferramentas culturais. A IA, nesse cenário, pode aprofundar o déficit de alfabetização digital e cívica, conforme apontado pela UNESCO (2022), limitando a possibilidade de professores e estudantes se envolverem criticamente com as questões que a IA suscita.

Adicionalmente, a limitação da IA no contexto brasileiro não se restringe à infraestrutura física, mas se estende à dimensão humana e institucional. A formação inicial e continuada de professores, embora já abordada, precisa lidar com a escassez de recursos e políticas públicas consistentes que apoiem a integração da IA de forma qualificada. Há uma lacuna notável na pesquisa brasileira que aprofunde os impactos da Inteligências Artificiais Generativas (IAG) na formação do professor de Matemática, e a elaboração de tarefas matemáticas específicas para esse contexto, como aponta o estudo de Luís et. al. (2025).

Além disso, a resistência institucional e a falta de clareza sobre o currículo para a inserção da Ciência da Computação, incluindo a IA, podem dificultar a adoção de práticas pedagógicas inovadoras. A IA, para ser efetivamente um instrumento de mediação cultural, necessita de um ecossistema educacional que a acolha e a integre de forma orgânica e crítica, o que ainda é um desafio considerável no Brasil.

Em reforço a essa perspectiva, um mapeamento recente de pesquisas sobre IA na formação de professores de Matemática revelou tendências e, concomitantemente, lacunas críticas no cenário brasileiro. O estudo de Luís et. al. (2025) identificou que as pesquisas têm focado principalmente na integração da IA na formação para a cultura digital e no uso de assistentes inteligentes para a personalização do ensino. Essas tendências, embora promissoras, muitas vezes abordam a IA sob uma ótica instrumental, concentrando-se nas competências tecnológicas e pedagógicas necessárias para o uso desses recursos.

Contudo, o próprio mapeamento apontou uma insuficiência de pesquisas preocupadas com a presença das IAG na formação docente e, especialmente, na elaboração de tarefas, atividades e problemas matemáticos que explorem plenamente o potencial desse instrumento cultural. Tal lacuna, à luz da THC, é preocupante, pois sugere uma desatenção à dimensão dialógica da aprendizagem e à necessidade de que a IA seja integrada como um signo cultural no processo de internalização de conceitos matemáticos.

Ainda sobre a formação docente, Luís et al. (2025) reforçam a urgência de preparar os

professores para lidar com a fluidez e a diversidade de ritmos de aprendizagem exacerbadas pela IA. Isso exige do educador a capacidade de superar os obstáculos de ambientes personalizados e sistemas tutores, interpretando criticamente os dados gerados para ajustar as suas estratégias pedagógicas.

Portanto, a formação não deve se limitar ao domínio técnico, mas expandir-se para uma pedagogia da mediação tecnológica que, sensível ao contexto sociocultural, permita ao professor transformar as capacidades da IA em oportunidades de desenvolvimento significativo para cada estudante. Essa visão é ecoada por Alves e Oliveira (2007), que enfatizam a necessidade de uma formação docente que prepare o professor a ser um verdadeiro mediador do conhecimento, integrando criticamente as inovações tecnológicas e respeitando a diversidade cultural dos estudantes.

O professor precisa tornar-se um mediador capaz de contextualizar a IA. No entanto, essa mediação enfrenta o risco de um colonialismo algorítmico, onde sistemas controlados pelo mercado deslocam o centro da decisão pedagógica para roteiros automatizados. Essa transição do controle evoca o que Varoufakis (2025) conceitua como tecnofeudalismo, um cenário no qual as plataformas digitais e o capital-nuvem passam a operar não como mercados abertos, mas como feudos automatizados que extraem a subjetividade e a atenção dos sujeitos sem reverter em desenvolvimento emancipatório.

À luz da perspectiva histórico-cultural, essa mutação instrumental exige atenção, pois a delegação da atividade psíquica ao algoritmo gera um paradoxo: a facilidade técnica esvazia o esforço cognitivo do estudante. A formação docente deve, portanto, promover um letramento crítico em IA preparando o educador a discernir entre usos que potencializam a atividade humana e aqueles que a esvaziam de propósito.

Nesse sentido, as universidades e os programas de pós-graduação têm um papel central em promover pesquisas que não só investiguem o uso da IA em sala de aula, mas que também contribuam para a construção de modelos inovadores de formação docente. É fundamental que essa formação seja embasada em referenciais teóricos sólidos, como a THC e tantas outras, que permitem compreender a IA não como um fim em si mesma, mas como um meio para o desenvolvimento humano. A formação deve preparar o professor para reconhecer e valorizar as nuances culturais dos estudantes, utilizando a IA para criar pontes entre a Matemática formal e as experiências de vida, garantindo que o processo de ensino-aprendizagem seja engajador, significativo e equitativo para todos, independentemente de sua realidade sociocultural.

Esta compreensão do professor como um mediador social e cultural, fundamental para

o sucesso da integração da IA nos processos educativos, nos leva a aprofundar a discussão sobre a própria natureza cultural do desenvolvimento cognitivo e dos instrumentos que o medeiam.

A natureza cultural do desenvolvimento cognitivo e dos instrumentos que o medeiam

A THC, em sua essência, postula que o desenvolvimento cognitivo humano é um processo intrinsecamente social e cultural (Vygotski, 2014a; 2014b). As funções psicológicas superiores, como o raciocínio lógico, a abstração e a resolução de problemas – habilidades essenciais na Matemática – não emergem de forma isolada, mas são moldadas pelas interações sociais e mediadas pelos instrumentos culturais disponíveis em um determinado contexto histórico e social.

Nessa linha, Cole (1996), em suas contribuições sobre a psicologia cultural, ressalta que os instrumentos culturais não são meros auxílios externos, mas elementos constitutivos da própria atividade humana e do desenvolvimento da mente, moldando fundamentalmente as formas de pensar e agir dos indivíduos. Cole (1996) argumenta que a mente se desenvolve ao se engajar com esses artefatos, que são produtos da história cultural e carregam em si a inteligência e as práticas de gerações. Assim, a apropriação desses instrumentos transforma não apenas a ação externa, mas a própria estrutura interna dos processos cognitivos se mediados por um ser humano, de modo que o uso de uma calculadora, de uma régua ou de um software complexo como a IA, altera qualitativamente a forma como pensamos e interagimos com os desafios matemáticos.

Na perspectiva da THC, a cultura não é um acúmulo passivo de saberes, mas o produto da atividade humana materializada em signos e instrumentos (Vygotski, 2014b). Os artefatos culturais são os objetos criados pelo homem que carregam funções sociais, enquanto os instrumentos culturais são esses mesmos artefatos quando direcionados a uma ação transformadora sobre o meio ou sobre o próprio psiquismo. Sendo assim, a IA emerge legitimamente como um instrumento complexo da cultura digital contemporânea.

Contudo, diante das assimetrias digitais e da precariedade infraestrutural apontadas por Javaroni e Zampieri (2019) na realidade escolar, levanta-se uma contradição dialética fundamental: se o artefato tecnológico não encontra condições materiais para ser plenamente manuseado e ressignificado na prática social da sala de aula, ele corre o risco de falhar em seu papel de instrumento cultural gerador de funções psicológicas superiores, perpetuando-se apenas como um fetiche técnico excludente.

Essa compreensão nos remete à distinção fundamental, na THC, entre instrumentos e signos, ambos essenciais para entender como a cultura medeia o desenvolvimento cognitivo (Vygotski, 2014a; 2014b). Os instrumentos são ferramentas materiais, orientadas para a ação sobre o mundo externo, com o objetivo de transformá-lo. Um arado para cultivar a terra ou um computador para processar dados são exemplos de instrumentos. Já os signos são instrumentos psicológicos, orientados para o interior, com a função de regular a própria atividade psíquica e a interação social. A linguagem, os sistemas de numeração, a escrita e as cores do semáforo são exemplos de signos. Ambos, instrumentos e signos, são criações culturais que se internalizam ao longo do desenvolvimento.

Na Matemática, a IA atua simultaneamente como instrumento e como um sistema de signos (representações gráficas, equações, visualizações) que auxilia na internalização de conceitos. Contudo, como argumentam Silva (2023) e Silva e Javaroni (2024; 2025a), a eficácia do uso desses artefatos tecnológicos depende intrinsecamente da mediação humana e de sua total integração ao ambiente cultural do estudante.

Para que a IA atue no desenvolvimento psíquico, é imprescindível que os signos e instrumentos por ela veiculados ressoem com o universo sociocultural do estudante. Caso um artefato tecnológico utilize contextos alheios à realidade escolar — como um problema de probabilidade baseado em jogos de azar desconhecidos na comunidade —, o instrumento deixa de ser um mediador e se converte em um obstáculo à aprendizagem, falhando em despertar a necessidade e o motivo para a ação. Inversamente, a inserção de problemas matemáticos articulados às práticas, jogos, histórias e contradições do cotidiano do sujeito torna a atividade engajadora e culturalmente significativa. A familiaridade com o contexto material e simbólico facilita a atribuição de sentido aos signos e o uso intencional das ferramentas digitais, impulsionando a internalização dos conceitos matemáticos e a formação de funções psicológicas superiores (Silva, 2023).

Esse processo de internalização — caracterizado pela transformação de ações externas e compartilhadas em processos mentais internos — exige que a tecnologia dialogue diretamente com a realidade concreta do estudante. Essa exigência raramente é contemplada em soluções algorítmicas genéricas, descontextualizadas ou importadas de realidades distintas da educação brasileira. A simples materialidade técnica é insuficiente para garantir saltos qualitativos no desenvolvimento cognitivo; para que o artefato se efetive como ferramenta psicológica de apropriação conceitual, sua arquitetura pedagógica precisa ser cultural e historicamente situada.

Sob essa lente, a IA, como artefato cultural — isto é, um objeto material ou digital produzido historicamente pelo trabalho humano (Cole, 1996) — carrega em si as lógicas e os modos de operar de uma sociedade imersa na era digital. No Brasil, essa materialidade se manifesta em projetos de plataformas de ensino adaptativo que buscam personalizar trilhas de aprendizagem em Matemática ou em ferramentas de análise de dados educacionais que prometem otimizar a intervenção pedagógica.

Contudo, a efetividade de tais iniciativas, sob a perspectiva histórico-cultural, depende essencialmente de sua capacidade de transcender a dimensão instrumental e de se converter em signos culturalmente apropriados. Ocorre que, no horizonte da THC, um artefato só se converte em instrumento cultural quando o sujeito o integra de forma ativa e intencional em sua atividade, e em signo quando essa ferramenta atua internamente para regular o próprio psiquismo (Vygotski, 2014b). Diante disso, levanta-se uma dúvida dialética fundamental sobre a real capilaridade da IA na escola pública brasileira: sob as profundas assimetrias e precariedades de infraestrutura documentadas por Javaroni e Zampieri (2019), o fetiche técnico dessas plataformas frequentemente impede que o artefato ganhe o estatuto de instrumento de desenvolvimento, esbarrando na barreira da exclusão material e social.

Nesse sentido, infere-se que um software de geometria dinâmica com IA, por exemplo, não alcançará seu pleno potencial mediador por si só. Para que suas representações e interações façam sentido para o estudante brasileiro e promovam o desenvolvimento cognitivo, é imprescindível que seu uso seja mediado na interação social do estudante com seus pares, seja um colega de turma ou, primordialmente, o professor. É por meio dessa mediação humana, que se contextualiza problemas com elementos da culinária, folclore ou desafios sociais locais, que a IA se integra a um processo educativo culturalmente relevante, conforme a urgência do contexto, e se torna um verdadeiro instrumento de desenvolvimento.

Essa resistência da mediação pedagógica torna-se ainda mais importante diante do que Varoufakis (2025) conceitua como o poder de comando do capital-nuvem, visto que o ecossistema automatizado das plataformas não foi desenhado de forma neutra para o ensino, mas sim para o aprisionamento da atenção e da conduta (Varoufakis, 2025). Cabe, portanto, à intencionalidade do professor subverter essa lógica reativa e puramente técnica do artefato, inserindo-o em uma atividade de estudo que estimule a abstração matemática e a autonomia intelectual do estudante.

Contudo, a apropriação desses instrumentos tecnológicos exige atenção epistemológica,

pois seu uso sem intencionalidade pedagógica pode gerar uma externalização excessiva dos processos cognitivos, prejudicando a abstração e o pensamento lógico-dedutivo. A IA não deve substituir o esforço do estudante na resolução de problemas, mas atuar como um estímulo para que o pensar com a máquina promova um pensar sobre os conceitos matemáticos de forma mais profunda (Valente, 2016).

Diante disso, a eficácia da IA como mediação pedagógica nas aulas de Matemática não pode ser avaliada unicamente por suas funcionalidades técnicas, visto que sua potência reside na capacidade de se integrar de forma intencional ao universo sociocultural dos estudantes. Sob a perspectiva histórico-cultural, esse artefato precisa atuar como uma ponte entre o conhecimento matemático formal e a realidade concreta dos sujeitos.

Vygotski (2014c) destaca a centralidade de a atividade ser significativa para impulsionar o aprendizado e o desenvolvimento; logo, se a tecnologia for mobilizada de maneira descontextualizada, alheia às experiências e às motivações dos estudantes, ela corre o risco de permanecer como um elemento puramente externo, incapaz de promover a internalização de conceitos e habilidades de pensamento. Inversamente, quando as tarefas mediadas pela IA articulam-se com o cotidiano e com os problemas considerados socialmente relevantes pelos estudantes, a atividade de estudo ganha sentido pessoal, convertendo a técnica em um autêntico instrumento de desenvolvimento humano, desde que sempre mediada por outro ser humano

A mediação, um conceito central na THC (Vygotski, 2014d), ganha uma nova camada de complexidade com a introdução da IA. A IA atua como um mediador tecnológico entre o estudante e o conhecimento matemático. No entanto, a eficácia dessa mediação depende de como ela se articula com a mediação humana, ou seja, com a atuação do professor. O professor, sensível ao contexto cultural de seus estudantes, pode utilizar a IA de forma estratégica para criar a ZDP culturalmente relevante, oferecendo desafios que estejam ao alcance dos estudantes com o apoio adequado e que façam sentido dentro de sua realidade objetiva.

Além disso, a THC enfatiza o papel da linguagem e da interação social na produção do conhecimento (Vygotski, 2014b; 2014e; 2014f). A IA, embora seja um instrumento tecnológico, pode ser utilizada para fomentar a comunicação e a colaboração entre os estudantes em torno de problemas matemáticos. Plataformas de IA que permitem a interação, a troca de ideias e a construção conjunta de soluções podem enriquecer o processo de aprendizagem, especialmente quando as discussões levam em consideração as diferentes perspectivas culturais dos estudantes. Ao compartilharem suas experiências e seus modos de pensar influenciados por

seus contextos culturais, os estudantes podem construir uma compreensão mais rica e multifacetada da Matemática.

Assim, a verdadeira eficácia da IA como instrumento pedagógico nas aulas de Matemática, sob a lente da THC, reside em sua capacidade de transcender suas funcionalidades tecnológicas e se conectar de forma autêntica com o universo cultural dos estudantes. Ao reconhecermos a natureza cultural do desenvolvimento cognitivo e das ferramentas que o medeiam, podemos delinear estratégias de ensino que utilizem a IA de maneira consciente e sensível aos contextos dos estudantes, promovendo um aprendizado engajador, significativo e profundamente enraizado em suas vivências.

A mediação cultural do professor com o suporte da IA no estabelecimento da ZDP

O professor desempenha um papel central como mediador no processo de produção do conhecimento matemático pelos estudantes (Vygotski, 2014d). A aprendizagem não é vista como uma transmissão passiva de informações, mas como um processo ativo e social, no qual o professor atua como um guia que auxilia os estudantes a internalizarem os instrumentos e signos culturais presentes na aula de Matemática. Essa mediação é intrinsecamente ligada ao contexto cultural da sala de aula e dos próprios estudantes.

As particularidades culturais, como a linguagem utilizada, os valores compartilhados, as formas de interação social e as experiências prévias dos estudantes, moldam a maneira como eles se comunicam, interpretam as informações e constroem significados em relação ao conteúdo matemático. Um professor sensível a essas nuances culturais é capaz de criar um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e eficaz, conectando o conhecimento matemático com o universo cultural de seus estudantes.

Ao considerar a mediação do professor na produção do conhecimento matemático, é preciso reconhecer que os instrumentos culturais, incluindo a linguagem e os sistemas de representação matemática, não são neutras, mas carregam consigo significados culturalmente construídos (Vygotski, 2014b; 2014f). O professor, como um membro mais experiente dessa cultura, auxilia os estudantes a compreenderem e a utilizarem esses instrumentos de forma significativa. Ele facilita a internalização dos conceitos matemáticos ao contextualizá-los em situações familiares aos estudantes, ao utilizar analogias e exemplos que ressoam com suas experiências culturais e ao promover a discussão e a colaboração em sala de aula, onde diferentes perspectivas culturais podem enriquecer a compreensão coletiva.

Na Educação Matemática, a IA surge como um instrumento cultural que pode

enriquecer significativamente a mediação pedagógica do professor, especialmente ao considerar as diversas particularidades culturais presentes em sala de aula. Ao integrar a IA como um apoio à sua prática, o professor pode otimizar seu tempo e direcionar sua atenção para as interações mais ricas e para o suporte individualizado, levando em consideração as formas de comunicação e os estilos de aprendizagem moldados pela cultura de cada estudante.

Por exemplo, ao utilizar a IA para diagnosticar dificuldades em conceitos matemáticos, o professor não se limita a identificar o erro. Ele a emprega como um instrumento cultural na sua interação com o estudante, gerando novas representações e problemas que afinam sua intervenção na ZDP, desenhando percursos pedagógicos focados nas lacunas e nos modos de raciocínio individuais.

Essa utilização estratégica da IA pelo professor na sua função mediadora tem um impacto direto na promoção da ZDP dos estudantes em Matemática. Ao oferecer recursos que se conectam com o universo cultural deles, a IA pode criar uma ponte entre o conhecimento prévio e os novos conceitos matemáticos, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais engajador e menos intimidante. O professor, munido do diagnóstico e do suporte oferecido pela IA, pode então intervir de forma mais precisa na ZDP de cada estudante, oferecendo o apoio necessário para que ele avance em sua compreensão, internalizando os conceitos matemáticos de maneira significativa dentro de seu próprio referencial cultural. A IA, portanto, se torna um instrumento cultural que auxilia o professor a construir pontes entre a cultura do estudante e o mundo abstrato da Matemática, impulsionando o desenvolvimento cognitivo dentro da ZDP

O conceito de ZDP refere-se à distância compreendida entre o nível de desenvolvimento real de um indivíduo, determinado pela sua capacidade de resolver problemas de forma independente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, alcançado por meio da interação com outro indivíduo estabelecida durante a mediação. A ZDP se caracteriza como o espaço onde a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo efetivamente ocorrem. É nesse espaço de potencialidade que a intervenção pedagógica mediada por um humano e por instrumentos culturais, pode impulsionar o estudante a novas conquistas cognitivas.

Sob a ótica histórico-dialética, a IA é um instrumento cultural em disputa que estabelece uma contradição fundamental. Se, por um lado, ela oferece desafios personalizados que apoiam o desenvolvimento potencial, por outro, sua automação excessiva corre o risco de fossilizar o raciocínio e impedir a verdadeira internalização dos conceitos matemáticos.

Sistemas de tutoria inteligente, por exemplo, podem diagnosticar o nível de compreensão do estudante em determinado conteúdo matemático e, a partir dessa avaliação,

propor tarefas que se situem ligeiramente acima de seu nível de desenvolvimento real, mas que ainda sejam alcançáveis com o uso consciente e planejado do sistema. Contudo, surge aqui um paradoxo dialético: a facilidade cognitiva oferecida por algoritmos, como os Modelos de Linguagem Grandes (LLMs), pode resultar em um abismo cognitivo. Se a IA assume a execução total da tarefa ou oferece a resposta final sem exigir o esforço de superação do obstáculo, ela fragiliza a memória e a reflexão, convertendo a atividade de estudo em uma sequência de operações reativas focadas apenas na validação do sistema, o que esvazia o sentido pessoal do aprendizado (Goethel; Fonseca, 2025; Rodrigueiro et. al, 2025)

Para que a IA atue como uma ferramenta de desenvolvimento e não de alienação, sua integração na ZDP deve ser culturalmente situada e mediada pela intencionalidade docente. A eficácia desse instrumento reside na contextualização: problemas de álgebra que utilizam cenários familiares à cultura do estudante — como o comércio local ou práticas cotidianas — tornam a ZDP mais acessível e motivadora, engajando o conjunto de signos do estudante na superação das dificuldades.

A IA pode oferecer diferentes tipos de suporte dentro da ZDP, que podem ser adaptados às necessidades específicas com a mediação do professor. Alguns estudantes podem se beneficiar de explicações visuais e interativas, enquanto outros podem preferir exemplos verbais ou a possibilidade de explorar diferentes estratégias de resolução por tentativa e erro. Sistemas de IA bem projetados podem oferecer uma variedade de recursos de apoio, permitindo que o estudante escolha aqueles que melhor se adequam à sua forma de aprender, potencialmente moldada por suas experiências culturais prévias.

A colaboração mediada pela IA também pode enriquecer a ZDP. O uso pedagógico de plataformas que permitem que estudantes com diferentes níveis de compreensão trabalhem juntos em problemas matemáticos, com o apoio da IA fornecendo feedback e sugestões personalizadas a cada um, pode criar um ambiente de aprendizado colaborativo entre o estudante e seus pares. Nesse contexto, os estudantes mais experientes podem auxiliar os menos experientes, e o professor pode utilizar a IA para fornecer o suporte necessário para que todos avancem em sua compreensão, respeitando as diversas formas de interação e comunicação que podem ser influenciadas por suas vivências.

Nesse sentido, a IA deve ser utilizada pelo professor não como um substituto da mediação humana, mas como um suporte para diversificar os caminhos de resolução, permitindo que o estudante explore estratégias de tentativa e erro, visualizações interativas e feedbacks personalizados que respeitem seu ritmo cultural. A colaboração mediada pela IA

pode enriquecer ainda mais esse espaço, criando ambientes onde estudantes com diferentes níveis de compreensão trabalham juntos, transformando a tecnologia em uma ponte para a autonomia intelectual e não em uma âncora para a passividade cognitiva.

A influência do contexto sociocultural na internalização do conhecimento matemático mediada pela IA e pelo professor

O processo de internalização descreve a transformação de atividades externas, inicialmente compartilhadas socialmente, em processos mentais internos e individuais (Vygotski, 2014c). A formação de conceitos e habilidades matemáticas, nessa perspectiva, não ocorre de maneira isolada, mas é mediada pela interação com o meio social e cultural, através do uso de signos e instrumentos. A linguagem matemática, os símbolos, os algoritmos e as ferramentas tecnológicas são internalizados pelos estudantes à medida que eles se envolvem com a tarefa escolar e são guiados pela mediação de um adulto mais experiente, geralmente o professor.

A introdução da IA no processo de ensino-aprendizagem da Matemática adiciona uma nova camada de complexidade ao processo de internalização. A interação dos estudantes com softwares educativos baseados em IA, plataformas de aprendizagem adaptativas ou ferramentas de resolução de problemas com suporte de IA pode fornecer novas formas de engajamento com o conteúdo matemático. No entanto, para que essa interação leve à formação de conceitos e habilidades que façam sentido dentro do referencial cultural dos estudantes, é importante que as tarefas propostas pela IA estejam contextualizadas e conectadas com suas experiências prévias e seus modos de pensar influenciados pela cultura.

A THC enfatiza que o desenvolvimento cognitivo é intrinsecamente ligado ao contexto social e cultural (Vygotski, 2014b). Portanto, a eficácia da IA como ferramenta para promover a internalização de conceitos matemáticos depende da sua capacidade de se articular com o universo cultural dos estudantes. Se um sistema de IA apresenta problemas e exemplos que são culturalmente relevantes para os estudantes, utilizando referências familiares e situações do seu cotidiano, a probabilidade de que eles internalizem os conceitos matemáticos de forma significativa aumenta consideravelmente. A conexão com o contexto cultural facilita a atribuição de sentido ao conteúdo e torna a aprendizagem mais engajadora e motivadora.

Nesse cenário, o papel do professor torna-se ainda mais essencial. Ele é responsável por selecionar e integrar as ferramentas de IA de forma estratégica, criando atividades que explorem o potencial da tecnologia para conectar o conhecimento matemático com as experiências e os conhecimentos prévios dos estudantes. O professor facilita a internalização ao promover a

reflexão sobre as atividades realizadas com a IA, ao estimular a discussão e a troca de ideias entre os estudantes e ao ajudá-los a fazer conexões entre o conteúdo matemático e o seu ambiente cultural.

O professor desempenha um papel fundamental na criação de um ambiente de aprendizagem inclusivo e respeitoso, onde as diferentes perspectivas culturais são valorizadas e integradas ao processo de produção do conhecimento matemático (Vygotski, 2014b; 2014e). Ao reconhecer e valorizar a diversidade cultural dos seus estudantes, o professor pode utilizar a IA de forma a atender às necessidades específicas de cada um, adaptando o ritmo, o nível de dificuldade e os exemplos apresentados pela tecnologia. Essa sensibilidade cultural do professor é essencial para garantir que a interação com a IA leve à formação de conceitos e habilidades matemáticas que sejam genuinamente internalizados e significativos para todos os estudantes, dentro de seus próprios referenciais culturais.

O processo de internalização de conceitos e habilidades matemáticas mediado pela IA é otimizado quando o professor atua como um elo entre a tecnologia, o conteúdo matemático e o universo cultural dos estudantes. Ao ser sensível às nuances culturais, ao conectar a IA com as experiências prévias deles e ao promover a reflexão e a discussão, o professor desempenha um papel insubstituível na facilitação da internalização, garantindo que a interação com a IA leve à formação de um conhecimento matemático significativo e culturalmente relevante para cada estudante.

Por exemplo, um problema que utilize a IA para simular a variação do preço da cesta básica em uma comunidade local ou a dinâmica populacional de um bioma brasileiro não só despertaria maior interesse, mas forneceria um terreno fértil para a formação do conceito de função linear ou exponencial, ou a análise de variância e covariância. A IA, ao permitir a manipulação de variáveis e a visualização imediata de resultados em cenários familiarizados culturalmente, pode materializar abstrações matemáticas, tornando-as mais acessíveis e facilitando sua internalização, sempre sob a mediação do professor que direciona o olhar para a estrutura matemática subjacente ao fenômeno.

Precisamos considerar o contexto sociocultural no desenvolvimento dos processos psicológicos superiores (Vygotski, 2014b). Nesse sentido, a integração da IA na aula de Matemática não pode ser concebida como um evento isolado ou puramente técnico. Para que essa integração seja verdadeiramente eficaz e promova um aprendizado significativo, é imprescindível que ela leve em consideração as intrincadas teias das práticas culturais, dos valores arraigados e das formas de pensar que caracterizam o ambiente em que os estudantes

estão imersos. Ignorar esse contexto sociocultural é correr o risco de tornar a IA um instrumento desconectado da realidade vivida pelos estudantes e, conseqüentemente, menos eficaz na promoção da internalização do conhecimento matemático.

As práticas culturais de uma comunidade moldam as formas de interação e a maneira como o conhecimento é valorizado. Por isso, ao integrar a IA na Educação Matemática, é necessário que as atividades ressoem com essas práticas culturais. Por exemplo, um problema de matemática contextualizado em uma atividade econômica local, em um evento cultural significativo para a comunidade ou em um jogo tradicional pode despertar maior interesse e engajamento por parte dos estudantes, facilitando a compreensão dos conceitos. A IA, nesse sentido, deve ser adaptada para dialogar com o universo cultural dos estudantes, utilizando referências que lhes sejam familiares e significativas.

Os valores de uma sociedade também exercem uma influência sobre a aprendizagem, como discutem Silva e Javaroni (2025a). O que é considerado importante, relevante e digno de ser aprendido varia de cultura para cultura. A integração da IA na Matemática deve levar em conta esses valores, apresentando o conhecimento matemático como algo útil e aplicável no contexto da vida dos estudantes e da sua comunidade. Se a IA for utilizada para explorar problemas matemáticos que têm relevância social e cultural para os estudantes, como questões relacionadas ao meio ambiente, à saúde pública ou ao desenvolvimento local, a aprendizagem da Matemática pode se tornar motivadora e contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados com a sua realidade.

As formas de pensar, moldadas pelas experiências culturais e históricas, também desempenham um papel importante na maneira como os estudantes abordam e internalizam o conhecimento matemático (Vygotski, 2014b; 2014f). Diferentes culturas podem desenvolver abordagens distintas para a resolução de problemas, valorizar diferentes tipos de raciocínio e utilizar diferentes sistemas de representação. A IA, ao ser integrada na aula de Matemática, deve ser flexível o suficiente para acomodar essa diversidade de formas de pensar, oferecendo diferentes caminhos para a resolução de problemas e permitindo que os estudantes explorem os conceitos matemáticos a partir de suas próprias perspectivas culturais. O professor, como mediador sensível a essa diversidade, pode utilizar a IA como um ponto de partida para discussões ricas e para a valorização das diferentes abordagens culturais para a Matemática.

A integração bem-sucedida da IA na Educação Matemática, sob a lente da THC, exige uma profunda consideração do contexto sociocultural em que os estudantes estão inseridos. Ao levar em conta as práticas culturais, os valores e as formas de pensar que caracterizam o

ambiente deles, a IA pode se tornar um instrumento útil para promover uma aprendizagem mais significativa, engajadora e relevante. Ignorar esse contexto é negligenciar a própria essência da THC e limitar o potencial da IA como um instrumento cultural para o desenvolvimento dos estudantes na Matemática.

Um modelo para o professor planejar a aula de Matemática que tem a IA como instrumento mediador

A Teoria da Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, proposta Galperin (1986), oferece um modelo detalhado para a internalização de novas ações e conceitos. Segundo essa teoria, a aprendizagem ocorre através de etapas sequenciais, desde a motivação inicial até a formação da ação mental automatizada e generalizada. Aplicar essa teoria ao ensino de Matemática com o suporte da IA pode fornecer um arcabouço pedagógico robusto para garantir que a interação com esse instrumento cultural e mediador conduza a uma compreensão profunda e à internalização significativa dos conceitos, levando em consideração os aspectos culturais do desenvolvimento dos estudantes.

Nessa organização da aula, é preciso considerar as motivações, necessidades e objetivos a serem alcançados, concernente ao que Leontiev (1983) apresenta em sua teoria. Por esse motivo, a motivação é essencial para engajar os estudantes no processo de aprendizagem. Nesse contexto, a IA pode ser utilizada para apresentar problemas e situações que sejam relevantes para o universo cultural dos estudantes, despertando seu interesse e mostrando a aplicabilidade da Matemática em seu cotidiano.

Por exemplo, um software de IA pode iniciar uma atividade com um problema contextualizado em um evento cultural local ou em uma questão social relevante para a comunidade dos estudantes, conectando a Matemática com suas experiências prévias e valores culturais. A motivação precisa estar presente em todas as etapas de formação das ações mentais e dos conceitos e é papel do professor, enquanto mediador do processo de ensino-aprendizagem, buscar conexões com o ambiente sociocultural do estudante para manter a motivação deles durante o processo, visando o alcance do objetivo proposto.

A primeira etapa é a *formação da base orientadora da ação*, que envolve a apresentação clara e detalhada do novo conceito ou da nova ação a ser aprendida. A IA pode desempenhar um papel fundamental nessa etapa, oferecendo representações visuais interativas, simulações e explicações passo a passo que auxiliem os estudantes a compreenderem a estrutura do problema e os procedimentos necessários para resolvê-lo, como o algoritmo, por exemplo.

É essencial que a base orientadora da ação seja constituída por um grau de generalização

geral, com um nível de detalhamento completo e um nível de dependência (modo de obtenção) independente. Para isso, ela precisa contemplar três modelos em sua composição, a saber: modelo do objeto, modelo da ação e modelo do controle (Galperin, 1986).

O *modelo do objeto* apresenta o conhecimento conceitual do objeto/fenômeno a ser assimilado, de modo que responda à pergunta "o que é?". O *modelo da ação* apresenta o conhecimento operativo do objeto/fenômeno a ser assimilado. Caracteriza-se pelo conjunto de operações para que se logre êxito na ação e, também, possibilita a elaboração da resposta à pergunta "como se faz?". O *modelo do controle* apresenta os critérios de regulação do processo, que permite a verificação de acertos e erros, em função do êxito no planejamento e execução.

É importante que essas representações e explicações sejam acessíveis e façam sentido dentro do referencial cultural dos estudantes, utilizando uma linguagem clara e exemplos culturalmente apropriados. O professor, nessa etapa, pode utilizar a IA como um ponto de partida para a discussão e para esclarecer dúvidas, mediando a compreensão inicial e garantindo que todos os estudantes tenham uma base sólida para prosseguir.

A segunda etapa, a da *formação da ação no plano material ou materializada*, consiste na execução da ação com o apoio de objetos ou representações externas. A IA oferece diversas ferramentas para essa etapa, como softwares de manipulação virtual de objetos matemáticos, ambientes de programação visual e plataformas de modelagem interativa. Os estudantes podem utilizar essas ferramentas para experimentar, explorar diferentes abordagens e visualizar os resultados de suas ações de forma concreta. É importante que essas atividades permitam a colaboração e a troca de ideias entre os estudantes, levando em consideração as diferentes formas de interação e comunicação influenciadas por seus contextos culturais.

A terceira etapa, voltada à linguagem externa, envolve a externalização do raciocínio, onde a IA pode auxiliar oferecendo recursos de áudio, vídeo ou representações artísticas e textuais. Cabe ao professor incentivar a troca de abordagens em sala de aula, valorizando a expressão cultural dos estudantes, ao mesmo tempo em que pode utilizar a IA para analisar esses discursos e identificar padrões de dificuldade.

A quarta etapa, focada na linguagem interna, marca a transição para o plano mental, onde a ação se torna abreviada e internalizada. Nesse estágio, a IA, aliada ao suporte e à mediação docente enraizada no ambiente sociocultural, deve fornecer desafios progressivamente complexos para garantir que a internalização conceitual ocorra de forma autônoma e significativa.

Finalmente, a quinta etapa, a da *formação da ação mental*, representa o domínio

completo da ação ou do conceito, que se torna automatizado, flexível e generalizável. Nesse estágio, os estudantes são capazes de aplicar o conhecimento matemático em diferentes contextos, incluindo situações que se conectam com seu universo cultural. A IA pode ser utilizada para propor problemas desafiadores e projetos que exijam a aplicação criativa dos conceitos aprendidos, incentivando os estudantes a aplicar seu conhecimento em novas situações e a desenvolverem um pensamento matemático crítico e engajado com realidade em seu entorno.

Ao estruturar o ensino de Matemática com IA seguindo as etapas de Galperin (1986; 1992), e ao integrar as potencialidades da tecnologia com uma sensibilidade aos aspectos culturais do desenvolvimento cognitivo dos estudantes, podemos criar um ambiente de aprendizagem mais eficaz e significativo. Acerca dessa estruturação, Silva (2023) e Silva e Javaroni (2024) demonstraram que a dinâmica das etapas da formação planejada das ações mentais no processo de ensino-aprendizagem da Matemática, depende da transformação do desenvolvimento real em um desenvolvimento próximo (que se tornará real) e das possibilidades e vivências dos estudantes.

Isso ocorre porque no movimento entre o desenvolvimento real do sujeito e o seu desenvolvimento em potencial, na dinâmica que ele estabelece por meio das interações com outro indivíduo, há capacidades do indivíduo em processo de devir que conclamam por resolução de tarefas, de início com auxílio de outros para – por consequência das interações e suas mediações simbólicas e instrumentais – posteriormente, elas e situações similares, serem desenvolvidas de forma independente (Silva, 2023; Silva; Javaroni, 2024).

Neste artigo há a compreensão de que a IA é um instrumento presente no ambiente cultural do estudante. Ele está imerso em uma sociedade que está sendo transformada digitalmente e, portanto, molda a sua forma de se perceber como parte dessa sociedade. Essa mudança de olhar provocada por esses instrumentos tecnológicos que moldam a forma de viver da sociedade, como a IA, os ambientes de programação, a robótica etc., molda, também, as expectativas e objetivos formativos do estudante e da própria sociedade em relação ao ensino da Matemática no ambiente escolar (Silva; Javaroni, 2025a).

Nesse sentido, corroboro com Silva (2023), Silva e Javaroni (2024; 2025a) que reforçam a necessidade de considerar a presença desses aspectos da Ciência da Computação presentes no ambiente cultural do estudante, como IA, no estabelecimento da ZDP que é formada a partir da constituição das tarefas matemáticas a serem desenvolvidas nas aulas de Matemática, quando planejadas visando a formação por etapas das ações mentais e dos conceitos matemáticos.

Para esses autores, a ZDP se constitui nesse cenário porque a região compreendida entre os preâmbulos de suas extremidades é a representação do campo do desenvolvimento possível do estudante. E é nesse campo que ocorre a formação das ações mentais e dos conceitos. Silva e Javaroni (2024) reforçam que nessa ZDP são estabelecidas as ações e mediações que serão realizadas por meio da interação do sujeito com seus pares (professores, tutores, outros estudantes etc.), com vista à potencialização de desenvolvimento do estudante, sob condições e contextos favoráveis.

Apesar das etapas da formação planejada das ações mentais possuírem sua própria forma de compreensão e execução, elas se relacionam de modo que os estudantes incorporem ao plano mental o objeto do conhecimento matemático presente na tarefa desde a primeira etapa. Não há uma linearidade absoluta nesse processo. A interação com o outro se faz presente em todo o processo para trazer à tona mediações e orientações próprias desse desenvolvimento, que não é estático e nem linear. Portanto, há uma orientação estimulada por essa organização, de modo que o processo de assimilação da ação ocorra ao passo que uma etapa demande menor dependência do que a outra no processo de resolver a tarefa proposta (Galperin, 1959; 1986; 1992; Silva, 2023; Silva; Javaroni, 2024).

Considerações finais

A discussão tecida neste artigo buscou, fundamentalmente, transcender a mera constatação da presença da IA no cenário educacional, aprofundando-se na sua análise teórica sob a lente da THC, compreendendo a IA não como um elemento neutro, mas um instrumento cultural que, imerso em uma sociedade globalmente transformada pelos avanços da Ciência da Computação, exige um uso consciente, significativo e planejado nas aulas de Matemática.

A argumentação central defende que o desenvolvimento cognitivo do estudante – um ser intrinsecamente histórico-cultural – ocorre de maneira socialmente mediada a partir da interação dialógica com o outro ser humano e da mediação instrumental da IA, contanto que essa interação seja planejada e mediada pelo professor.

A análise dialética revela que a mediação do professor é insubstituível. É ele quem detém a sensibilidade e o conhecimento didático para considerar as particularidades culturais do estudante, os saberes prévios e as nuances do ambiente sociocultural, tecendo pontes entre esses elementos e os objetivos da aula de Matemática. Como advertem Goethel e Fonseca (2025), a delegação de etapas essenciais do raciocínio ao algoritmo ameaça converter a aprendizagem em uma sucessão de operações reativas, despojadas de motivação interna e de

intencionalidade formativa.

Sem essa mediação ativa e culturalmente informada, a IA corre o risco de se tornar um instrumento incapaz de promover a internalização de conceitos matemáticos e a expansão da Zona de Desenvolvimento Próximo (ZDP). Portanto, a IA não deve ser vista como um agente neutro, mas como um artefato que reproduz a sistematicidade das interações humanas, podendo carregar e amplificar vieses e pseudoconcreticidades se não for submetida a um letramento crítico.

Proponho que uma forma robusta de o professor operacionalizar essa mediação é através do planejamento consciente da formação das ações mentais e dos conceitos, seguindo as etapas propostas por Galperin (1986). Essa abordagem estruturada permite que a IA seja, de fato, integrada ao processo de formação matemática do estudante, contribuindo para a transição do plano externo para o interno e para a produção de um conhecimento significativo.

A IA, nesse contexto da Educação Matemática, deixa de ser apenas um instrumento tecnológico e se configura como um artefato cultural que pode enriquecer o processo de formação matemática dos estudantes, desde que sua utilização seja cuidadosamente integrada à dinâmica pedagógica e considere a complexidade do desenvolvimento humano em sua dimensão cultural. A reflexão sobre a presença da IA na Educação Matemática sob a perspectiva da THC oferece um caminho promissor para explorar o potencial transformador desse recurso de forma ética e pedagogicamente embasada.

Importa sublinhar que o presente artigo é, por essência, uma discussão teórica sobre a presença da IA nas aulas de Matemática. Longe de esgotar o tema, este trabalho se posiciona como um ponto de partida em um campo vasto e emergente. A complexa relação entre a IA, a THC e o processo de ensino-aprendizagem da Matemática demandam múltiplas frentes de investigação, com olhares teóricos diversificados, que vão desde a análise aprofundada de diferentes recursos e metodologias até a compreensão de seus impactos a longo prazo no desenvolvimento cognitivo e na formação dos estudantes em diversas realidades socioculturais. A continuidade desse debate crítico e a realização de pesquisas empíricas são imperativas para consolidar uma práxis pedagógica inovadora e equitativa sobre IA no contexto da Educação Matemática.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) pela Bolsa de Pesquisador Produtividade concedida por meio do Edital 16/2025 – PROPGI/UEMASUL, que oportunizou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, Vera Lúcia de Castro; OLIVEIRA, Marta Kohl de. O uso da internet na escola: um olhar Vygotskiano. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 20, n. 3, p. 488-495, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a base. Brasília. 2018a. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 02 maio 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Alfabetização. **PNA: Política Nacional de Alfabetização**. Brasília: MEC, Sealf: 2019.

COLE, Michael. **Cultural Psychology: A Once and Future Discipline**. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1996.

GALPERIN, Piotr Yakovlevich. Tipos de orientación y tipos de formación de acciones y de los conceptos. Informe de la **Academia de Ciencias Pedagógicas de la RSFSR**. Moscú, nº 2, 1959.

GALPERIN, Piotr Yakovlevich. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. Antología de la psicología pedagógica y de las edades. La Habana: **Pueblo y Educación**, 1986. p. 114-8.

GALPERIN, Piotr Yakovlevich. Stage-by-stage formation as a method of psychological investigation. **Journal of Russian and East European Psychology**, Armonk, v. 30, n. 4, p. 60-80, july/aug. 1992

GOETHEL, Elisiane Spencer Quevedo; FONSECA, Débora Cristina. A Inteligência Artificial na Educação e a formação da consciência: uma análise Leontieviana sobre o risco do “sentido pessoal” delegado ao algoritmo . **Obutchénie. Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, [S. l.], v. 9, n. Contínua, p. e2025–20, 2025

JAVARONI, Sueli Liberatti; ZAMPIERI, Maria Teresa. **Tecnologias Digitais nas aulas de Matemática: um panorama acerca das escolas públicas do Estado de São Paulo**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 111p., 2019.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Papirus editora, 2012.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

LEONTIEV, Alexei. **Actividad, conciencia, personalidad**. 2. ed. Havana: Pueblo y Educacion, 1983

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999

LUKÁCS, George. **História e Consciência de Classe: Estudos de dialética marxista**. Porto: Escorpião, 1969

LUÍS, Alexandre Basílio Guterres. et al. Tendências de pesquisas em inteligência artificial na formação de professores de matemática. **REVISTA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM**

FOCO, v. 13, n. 1, 2025.

MARX, Karl. **O capital: crítica da economia política**. São Paulo: Boitempo, 2013. (Livro I, Capítulo I: A mercadoria). (Originalmente publicado em 1867).

PACÍFICO, Marsiel. Materialismo histórico-dialético: gênese e sentidos do método. *Argumentos Revista de Filosofia*, Fortaleza, ano 11, n. 21, p. 220-231, jan./jul. 2019.

RODRIGUEIRO, Mariana Matulovic da Silva; TEIXEIRA, Franciele Santos; ZAMPIERI, Maria Teresa; JAVARONI, Sueli Liberatti. Inteligência Artificial e a perspectiva Histórico-Cultural: um ensaio teórico. **Obutchénie. Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, [S. l.], v. 9, n. Contínua, p. e2025–21, 2025.

SILVA, Eliel Constantino. Desenvolvimento do pensamento computacional em uma dinâmica pedagógica baseada na perspectiva histórico-cultural: possibilidades para a formação das ações mentais de estudantes e do conceito polígono regular a partir da produção de um pensamento geométrico. 2023. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2023.

SILVA, Eliel Constantino; JAVARONI, Sueli Liberatti. The possible relationships between the development of computational thinking and the formation of mental actions of students in mathematics classes. **Quadrante**, v. 33, n. 2, p. 82–109-82–109, 2024.

SILVA, Eliel Constantino da Silva; JAVARONI, Sueli Liberatti Javaroni. Developing Students' Computational Thinking to Bridge the Gap between Their Lived Experiences and Math Classes. **The Korean Society of Educational Studies in Mathematics - Journal of Educational Research in Mathematics**, v. 35, p. 489-517, 2025a.

SILVA, Eliel Constantino da; JAVARONI, Sueli Liberatti. O uso do método histórico-dialético na investigação sobre o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes no contexto da Educação Matemática. **Obutchénie. Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, [S. l.], v. 9, n. Contínua, p. e2025–16, 2025b.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação (2022). **Recomendação sobre um Ética da Inteligência Artificial**. Disponível em <<https://asmetro.org.br/portalsn/wp-content/uploads/2022/08/Recomendacao-sobre-a-Etica-da-Inteligencia-Artificial-UNESCO-Digital-Library.pdf>>.

VALENTE, José Armando. 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**, v. 14, n. 3, p. 864-897, 2016.

VAROUFAKIS, Yanis. **Tecnofeudalismo: o que matou o capitalismo**. Tradução de Érika Nogueira Vieira. São Paulo: Planeta do Brasil, 2025. E-book. ISBN 978-85-422-3384-1.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo II. Madri: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014a.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo II. Madri: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014b.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo III. Madri: Machado Nuevo

Aprendizaje, 2014c.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo IV. Madri: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014d.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo V. Madri: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014e.

VYGOTSKI, Lev. Semenovich. **Obras escogidas** – Tomo VI. Madri: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014f.