

O Protagonismo na Autoria de Sistemas Tutores Inteligentes em Contextos de Vulnerabilidade: Uma Análise Qualitativa

Title: Protagonism in the Authorship of Intelligent Tutor Systems in Vulnerability Contexts: A Qualitative Analysis

Título: El Protagonismo en la Autoría de Sistemas Tutores Inteligentes en Contextos de Vulnerabilidad: Un Análisis Cualitativo

Maria Luiza Alves Lopes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

ORCID: [0009-0001-3899-8334](https://orcid.org/0009-0001-3899-8334)

mariaaluzaaalvess22@gmail.com

Geiser Chalco Chalco

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

ORCID: [0000-0003-4163-4803](https://orcid.org/0000-0003-4163-4803)

geiser@ufersa.edu.br

Resumo

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) têm potencial considerável para personalizar o ensino, porém sua adoção em larga escala esbarra em barreiras de iniquidade educacional e na exclusão histórica do professor do ciclo de desenvolvimento tecnológico. O presente estudo investiga como docentes e futuros educadores percebem o processo de autoria de STIs, tendo como referência o paradigma unplugged e a ferramenta CTAT. A partir de uma abordagem qualitativa exploratória, estruturada como estudo de caso múltiplo, foram realizados minicursos e grupos focais com 26 participantes (professores em serviço e em formação) distribuídos em três eventos acadêmicos. Os achados apontam que os educadores demonstram disposição para assumir o papel de co-designers, sobretudo pela possibilidade de personalizar feedbacks pedagógicos. Por outro lado, barreiras linguísticas, problemas de usabilidade da interface e a falta de infraestrutura tecnológica se mostraram obstáculos sérios à adoção da ferramenta. Os resultados indicam que fortalecer a agência docente passa por disponibilizar ferramentas acessíveis e, ao mesmo tempo, investir em políticas de formação continuada voltadas à autoria, de modo que a inovação tecnológica contribua efetivamente para a inclusão digital em contextos de vulnerabilidade.

Palavras-chave: Sistemas Tutores Inteligentes; Autoria Docente; AIED Unplugged; Inclusão Digital; Iniquidade Educacional.

Abstract

Intelligent Tutoring Systems (ITS) hold considerable potential for personalizing education, but their large-scale adoption is hindered by educational inequity and the historical exclusion of teachers from the technology development cycle. This study investigates how teachers and future educators perceive the ITS authoring process, drawing on the unplugged paradigm and the CTAT tool. Through an exploratory qualitative approach structured as a multiple case study, workshops and focus groups were carried out with 26 participants — both in-service and pre-service teachers — across three academic events. Findings show that educators are inclined to take on the role of co-designers, particularly due to the possibility of customizing pedagogical feedback. On the other hand, language barriers, interface usability issues, and the lack of technological infrastructure proved to be serious obstacles to tool adoption. Results suggest that strengthening teacher agency requires making accessible tools available while also investing in continuing education policies focused on authoring, so that technological innovation can effectively contribute to digital inclusion in vulnerable contexts.

Keywords: Intelligent Tutoring Systems; Teacher Authoring; AIED Unplugged; Digital Inclusion; Educational Inequity.

Resumen

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) poseen un potencial considerable para personalizar la enseñanza, sin embargo su adopción a gran escala se ve obstaculizada por barreras de inequidad educativa y por la exclusión histórica del docente del ciclo de desarrollo tecnológico. Este estudio investiga cómo docentes y futuros educadores perciben el proceso de autoría de STI, tomando como referencia el paradigma unplugged y la herramienta CTAT. A partir de un enfoque cualitativo exploratorio, estructurado como estudio de caso múltiple, se realizaron minicursos y grupos focales con 26 participantes — profesores en servicio y en formación — distribuidos en tres eventos académicos. Los hallazgos indican que los educadores demuestran disposición para asumir el papel de co-designers, sobre todo por la posibilidad de personalizar los feedbacks pedagógicos. Por otro lado, las barreras lingüísticas, los problemas de usabilidad de la interfaz y la falta de infraestructura tecnológica se revelaron como obstáculos serios para la adopción de la herramienta. Los resultados sugieren que fortalecer la agencia docente requiere disponer de herramientas accesibles y, al mismo tiempo, invertir en políticas de formación continua orientadas a la autoría, de forma que la innovación tecnológica contribuya efectivamente a la inclusión digital en contextos de vulnerabilidad.

Palabras clave: *Sistemas Tutores Inteligentes; Autoría Docente; AIED Unplugged; Inclusión Digital; Inequidad Educativa.*

1 Introdução

Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são arquiteturas computacionais que se valem de técnicas de Inteligência Artificial para oferecer educação personalizada. Diferente do ensino convencional, em que todos os alunos recebem o mesmo conteúdo, o STI acompanha as interações de cada estudante, identifica erros, acertos e padrões de comportamento, e a partir disso gera feedbacks e dicas gradativas que instigam a resolução dos exercícios (VanLehn, 2011).

Meta-análises conduzidas ao longo da última década mostraram que esses sistemas conseguem produzir ganhos de aprendizagem comparáveis à tutoria humana individual, com resultados superiores à instrução tradicional em sala de aula (Kulik & Fletcher, 2016; VanLehn, 2011). Apesar disso, sua disseminação continua restrita. No contexto dos países do Sul Global, as desigualdades estruturais de acesso à tecnologia criam barreiras difíceis de transpor para boa parte das escolas públicas. No Brasil, os dados do Censo Escolar (INEP, 2023) deixam claro que muitas escolas das regiões Norte e Nordeste ainda operam com limitações graves de infraestrutura digital: faltam laboratórios de informática, a conectividade é intermitente quando existe, e dispositivos para uso pedagógico são escassos. Esse quadro acaba agravando a iniquidade educacional, já que as tecnologias adaptativas, em geral, precisam de ambientes digitais minimamente estruturados para funcionar.

Existem, contudo, ferramentas de autoria de STIs — como o CTAT (Cognitive Tutor Authoring Tools) — que permitem reduzir de forma considerável o tempo necessário para desenvolver um tutor, se comparado aos métodos tradicionais de programação (Aleven et al., 2016). Esse tipo de software é relevante porque, além de viabilizar a entrega de educação personalizada, possibilita que professores criem seus próprios STIs sem precisar saber programar. O problema é que, em cenários de iniquidade educacional, essas ferramentas também enfrentam limitações. A dependência de infraestrutura robusta e de conectividade estável faz com que a promessa de democratização do acesso aos STIs acabe, na prática, ampliando a desigualdade — especialmente em contextos onde o acesso a dispositivos e à internet já é precário (Isotani et al., 2023).

Pesquisas recentes têm se dedicado a entender como trazer o docente para dentro do ciclo de desenvolvimento dessas tecnologias de forma mais acessível. Há estudos que reforçam que o feedback é o componente mais relevante dos STIs e que existe uma falha histórica: o professor foi sistematicamente excluído do processo de design dessas mensagens (Silva et al., 2025). Para enfrentar essa questão, o conceito de co-design tem ganhado espaço, colocando o educador como um autor capaz de customizar sistemas em pouco tempo, e não como simples usuário final (Dermeval & Bittencourt, 2020). Há também propostas mais recentes de simplificar a criação de interfaces de STI por meio de Inteligência Artificial Generativa, com o objetivo de reduzir as barreiras técnicas (Calò & MacLellan, 2024).

O que ainda permanece pouco compreendido, porém, é como professores sem nenhuma experiência prévia com essas ferramentas percebem essa transição de usuários para autores — e que desafios aparecem nesse caminho. Entender isso é fundamental: a efetividade de qualquer sistema tecnológico em sala de aula depende da aceitação do professor e de sua capacidade de se apropriar pedagogicamente da ferramenta. Há evidências de que o grau de controle e personalização que o docente tem sobre a tecnologia é um fator decisivo para sua adoção (Holstein et al., 2017).

Quando se pensa em escolas com baixa conectividade e infraestrutura precária, o professor passa a ser a peça central na mediação entre a tecnologia e os estudantes (Isotani et al., 2023). A literatura, no entanto, ainda é escassa sobre como docentes vivenciam essa mudança de papel. Os estudos disponíveis se concentram na eficácia dos STIs (Holstein et al., 2017; Rodrigues et al., 2024) ou na usabilidade das ferramentas (Calò & MacLellan, 2024; Galletti & Cesaroni, 2025; Macina et al., 2023). Falta, portanto, uma investigação voltada à experiência de professores sem formação técnica que tentam fazer essa transição em contextos educacionais brasileiros com recursos limitados.

Com o objetivo de preencher essa lacuna, o estudo foi orientado por duas questões de pesquisa:

- **QP1:** Quais percepções os docentes e futuros educadores manifestam sobre o processo de autoria de STIs ao entrarem em contato com a ferramenta CTAT e o paradigma unplugged?
- **QP2:** Quais desafios técnicos, pedagógicos e estruturais emergem quando professores sem formação técnica prévia interagem com ferramentas de autoria de STIs em contextos de iniquidade digital?

Para responder a essas questões, foi conduzido um estudo qualitativo baseado em estudo de caso múltiplo, com coleta de dados por meio de formulários de percepção, diários de bordo e questionários de respostas abertas. Uma busca prévia na SBC-OpenLib (SOL) e nos anais do CBIE e SBIE mostrou que há poucos trabalhos dedicados a investigar a percepção de autoria docente em contextos de vulnerabilidade digital no Brasil, o que reforça o caráter original da contribuição aqui proposta.

2 Referencial Teórico

2.1 STI e Ferramentas de Autoria

Os STIs se baseiam na aplicação de técnicas de Inteligência Artificial para simular a atuação de um tutor humano, provendo instrução personalizada e feedback imediato de acordo com as necessidades cognitivas de cada estudante. Na sua forma clássica, a arquitetura de um STI envolve quatro módulos que trabalham de forma integrada: o modelo do domínio (que contém o conhecimento a ser ensinado), o modelo do aluno (que rastreia o estado de aprendizagem), o modelo pedagógico (responsável pelas estratégias de ensino) e o módulo de interface (que faz a mediação entre o sistema e o aprendiz). Conforme apontado por VanLehn, 2011, a eficácia desses sistemas está ligada diretamente à qualidade do feedback, que funciona como mecanismo de consolidação do conhecimento e correção de erros de raciocínio em tempo real. Esse ponto é corroborado por Silva et al., 2025, que identificam o feedback como o componente mais determinante para os resultados dos STIs.

Revisões de literatura de grande escopo já demonstraram que os STIs são capazes de gerar ganhos de aprendizagem equiparáveis aos da tutoria humana individual, superando a instrução convencional de sala de aula (Kulik & Fletcher, 2016). Esse dado sustenta a ideia de que a disse-

minação dos STIs é estrategicamente relevante para políticas educacionais que buscam enfrentar desigualdades no acesso à educação de qualidade.

A barreira técnica para o desenvolvimento dessas arquiteturas complexas motivou a criação das Ferramentas de Autoria. O CTAT, desenvolvido pela Carnegie Mellon University, é um conjunto de ferramentas que permite a educadores e pesquisadores construir STIs com base em dois paradigmas: os tutores baseados em exemplos (example-tracing tutors) e os tutores baseados em regras cognitivas (cognitive tutors). No primeiro paradigma, o autor resolve o problema passo a passo dentro da interface do tutor, e o sistema transforma essa demonstração em um grafo de comportamento (behavior graph) que captura os caminhos de resolução corretos e incorretos (Aleven et al., 2016). Com isso, o professor pode definir as regras de comportamento do tutor sem precisar escrever código. A ideia é que o educador deixe de ser apenas consumidor da tecnologia e passe a atuar como co-designer, participando do processo de criação.

2.2 Agência Docente no Contexto Tecnológico

A discussão sobre agência docente tem recebido atenção crescente na literatura educacional, especialmente quando o assunto é a integração de tecnologias digitais em sala de aula. Priestley et al., 2015 propõem uma compreensão ecológica da agência: ela não é uma propriedade que o professor “tem” ou “não tem”, mas algo que emerge da relação entre suas experiências acumuladas, suas orientações para o futuro e as condições concretas do contexto em que atua. Nessa perspectiva, a agência se manifesta quando o professor consegue agir com autonomia para negociar objetivos pedagógicos e adaptar ferramentas digitais à sua realidade.

No caso do co-design de tecnologias educacionais, essa discussão ganha contornos próprios. O professor deixa de ocupar a posição de usuário final — o que Alonso-Prieto et al., 2025 chamam de “consumidor passivo de tecnologia” — e passa a ser um avaliador crítico que negocia os objetivos do sistema com base na sua experiência de sala de aula. Isso implica uma redistribuição de poder no processo de desenvolvimento: o professor passa a influir sobre o conteúdo, a lógica instrucional e os mecanismos de feedback do sistema (Holstein et al., 2017).

Xia et al., 2022, apoiados na Teoria da Autodeterminação (SDT), argumentam que a percepção de autonomia, competência e pertencimento do professor diante da tecnologia são fatores que predizem sua adoção de forma sustentada. Quando o docente sente que a ferramenta ameaça sua autonomia ou o coloca num papel meramente operacional, a tendência é de rejeição (Holstein et al., 2017). Quando, ao contrário, a ferramenta é vista como algo que amplia suas capacidades — permitindo personalizar feedbacks ou adaptar conteúdos ao contexto local —, a disposição para adotar e continuar usando aumenta (Dermeval & Bittencourt, 2020).

No cenário brasileiro, essa questão se complica. A formação inicial dos professores, em muitos casos, não inclui componentes de letramento digital avançado, e menos ainda atividades voltadas ao desenvolvimento ou customização de softwares educacionais (Barbosa et al., 2021). Soma-se a isso a precarização das condições de trabalho nas escolas públicas, onde a sobrecarga e a falta de recursos dificultam qualquer tipo de experimentação pedagógica com ferramentas novas.

2.3 AIED Unplugged

Apesar do potencial dos STIs, o fato de que sua implementação convencional depende de infraestrutura digital robusta e conexão estável com a internet acaba agravando a iniquidade educacional nas regiões mais vulneráveis. Nesse cenário, o paradigma da IA Educacional (AIED) Unplugged propõe que os algoritmos inteligentes possam operar de forma independente da conexão contínua, o que representa uma alternativa concreta para levar os benefícios da personalização do ensino a contextos com poucos recursos.

O sistema MathAIde (Isotani et al., 2024) é um exemplo dessa abordagem. Nele, o professor usa a ferramenta de autoria para gerar materiais físicos, listas de exercícios impressas, por exemplo, que são resolvidos pelos alunos de forma convencional. Depois, as respostas são digitalizadas (com scanner ou câmera de celular) e o sistema processa o desempenho, gerando análises de aprendizagem. Na prática, o ciclo funciona em três etapas: (1) o professor cria as atividades na ferramenta, considerando o modelo do aluno e o conteúdo; (2) as atividades são impressas e distribuídas para resolução com lápis e papel; e (3) as respostas são digitalizadas e processadas, gerando relatórios individualizados que orientam as decisões pedagógicas do professor.

O que torna essa abordagem relevante é que ela separa a inteligência do sistema da necessidade de estar constantemente conectado. Escolas em regiões remotas — como as do semiárido nordestino ou de comunidades ribeirinhas da Amazônia, onde a infraestrutura é precária — podem se beneficiar dos avanços da IAED sem precisar de condições tecnológicas que, na realidade dessas comunidades, simplesmente não existem.

É fundamental estabelecer uma distinção precisa entre o movimento tradicional da Computação Desplugada (Computer Science Unplugged) e o paradigma emergente da Inteligência Artificial Desplugada na Educação (IAED-U ou AIED Unplugged). Enquanto a Computação Desplugada consolidou-se na literatura como uma abordagem metodológica voltada ao ensino de conceitos da ciência da computação (como algoritmos de criptografia) por meio de atividades eminentemente analógicas, lúdicas e/ou atividades dinâmicas físicas que prescindem totalmente do uso de computadores, a IAED-U delinea-se sob outra perspectiva.

A IAED-U não se limita ao ensino conceitual abstrato; trata-se de um paradigma de integração e da execução de sistemas baseados em inteligência artificial adaptados operacionalmente para contextos caracterizados por severas restrições de infraestrutura e conectividade intermitente (Isotani et al., 2024). Assim, o termo “desplugado” no escopo da IAED-U evoca soluções tecnológicas reais projetadas para funcionar com tolerância à desconexão, interfaces simplificadas que consideram o baixo letramento digital dos usuários e arquiteturas baseadas em intermediários (proxies) e recursos multiusuário.

Sob essa égide, este estudo não se debruça sobre dinâmicas lúdicas de papel para explicar a IA, mas sim sobre o protagonismo e a agência de professores em serviço e em formação no processo de co-design e autoria de ferramentas baseadas em arquiteturas tecnológicas reais (como o framework CTAT), pensadas para atuar em consonância com as premissas de desconexão e conformidade com a realidade de escolas historicamente excluídas da transformação digital.

2.4 Trabalhos Relacionados

A literatura recente tem buscado compreender como a inclusão do professor no desenvolvimento de tecnologias inteligentes pode reduzir as barreiras de adoção. Observa-se uma evolução: os estudos mais antigos se concentravam na aceitação técnica; os mais recentes investigam a agência e o co-design em contextos reais. A Tabela 1 organiza os trabalhos mais relevantes identificados na revisão, em ordem cronológica.

Tabela 1: Síntese Comparativa dos Trabalhos Relacionados.

Estudo	Método	Participantes	Foco Principal	Lacuna Identificada
Holstein et al., 2017	Entrevistas de design, speed-dating	Prof. de matemática	Necessidades de analytics em tempo real	Métricas desalinhadas com necessidades docentes
Dermeval e Bittencourt, 2020	Experimentação, questionários	Docentes brasileiros	Co-design de STIs gamificados	Aceitação alta, sem estudo longitudinal
Xia et al., 2022	Revisão sistemática	N/A (literatura)	Agência docente e SDT na IAED	Necessidade de adaptação em baixa conectividade
Calò e MacLellan, 2024	Prototipação com IA Generativa	Educadores	Simplificação de autoria via LLMs	Falta validação em contextos reais
Rodrigues et al., 2024	Estudo qualitativo, entrevistas	3 prof., 49 alunos	STI Unplugged (MathAIde)	Desafios de infraestrutura persistem
Alonso-Prieto et al., 2025	Estudo de caso interpretativista	Prof. em co-design	Agência docente e identidade	Dependência de facilitação do pesquisador
Galletti e Cesaroni, 2025	Métodos mistos	Docentes	Transição de curiosidade a crítica	Confiança depende de transparência
Silva et al., 2025	Revisão sistemática (27 estudos)	N/A (literatura)	Feedback em STIs (2019–2022)	Baixa participação docente no design
Presente estudo	Estudo de caso múltiplo qualitativo	26 part. (3 eventos)	Percepção de autoria + unplugged	Visão do professor como autor em contextos de vulnerabilidade.

Holstein et al., 2017 foram dos primeiros a tentar mapear o que os professores de fato precisam em termos de suporte tecnológico. Através de entrevistas de design e sessões de speed-dating com professores de matemática, os autores identificaram que as métricas fornecidas pelas ferramentas disponíveis frequentemente não correspondiam ao que os docentes consideravam útil. Isso sinalizava que a ausência de controle pedagógico era um entrave sério à adoção.

Dermeval e Bittencourt, 2020, já no contexto brasileiro, avançaram para a experimentação prática. Propuseram uma solução de autoria baseada em modelos de variabilidade e gamificação, de modo que o professor pudesse atuar como coprojetista de STIs gamificados. Os resultados indicaram que a ferramenta permitia customizar tutores em poucos minutos e que a percepção de facilidade de uso era alta. Esse trabalho, publicado na RBIE, é uma referência importante para o co-design de STIs no Brasil, embora não tenha abordado os desafios específicos de contextos com extrema vulnerabilidade digital.

Xia et al., 2022, em sua revisão sistemática, trouxeram a perspectiva da Teoria da Autodeterminação para a discussão, defendendo que a percepção de autonomia do professor é um preditor relevante da adoção sustentável de tecnologias. A conclusão dos autores é de que essa necessi-

dade se torna ainda mais aguda em cenários de baixa conectividade — um ponto que se conecta diretamente ao nosso contexto de pesquisa.

Calò e MacLellan, 2024 propuseram o uso de LLMs com prompt engineering para gerar layouts e conteúdos de tutores a partir de requisitos de alto nível. A ideia era reduzir o esforço de design por meio de manipulação direta, sem exigir código. A abordagem é promissora, mas ainda carece de validação empírica em ambientes educacionais reais, especialmente em regiões com infraestrutura precária.

Rodrigues et al., 2024, com o sistema MathAide, testaram a viabilidade de STIs unplugged com três professores e 49 estudantes ao longo de 12 aulas, seguidas de entrevistas semiestruturadas. Os resultados mostraram que o sistema auxiliou o planejamento e a execução das aulas, mas os desafios de infraestrutura persistiram.

Alonso-Prieto et al., 2025 investigaram, por meio de estudo de caso qualitativo, como o co-design impacta a identidade profissional do docente. Identificaram que os professores querem mais controle sobre o “modelo do aluno” e que o papel do pesquisador como facilitador é decisivo para que o processo funcione. Galletti e Cesaroni, 2025, usando métodos mistos, observaram que os professores transitam de uma curiosidade inicial para uma postura crítica conforme usam a ferramenta, e que a confiança no sistema depende da transparência e da autonomia que ele oferece ao professor.

A revisão de Silva et al., 2025 mapeou 27 estudos sobre o uso de feedback em STIs (2019–2022) e confirmou que, embora o feedback automatizado melhore o desempenho dos alunos, não há evidências claras de que reduza o trabalho do professor. O achado mais relevante para a presente pesquisa é a constatação de que os professores participam pouco da validação e do design desses feedbacks.

Esse panorama justifica a necessidade do presente estudo. Ao contrário dos trabalhos anteriores, que se dedicaram à eficácia dos sistemas ou à usabilidade das ferramentas em ambientes controlados, o foco aqui recai sobre a percepção de professores brasileiros, sem experiência técnica prévia, sobre sua disposição e capacidade para atuar como autores de STIs. A contribuição está em articular agência docente, iniquidade digital e paradigma unplugged a partir de dados empíricos coletados em eventos acadêmicos de diferentes naturezas.

3 Metodologia

O objetivo central desta pesquisa foi investigar as percepções, os desafios e as potencialidades que docentes identificam no processo de desenvolvimento de STIs. Como a integração da AIED depende da aceitação e do engajamento do professor, entender como docentes sem formação técnica interagem com ferramentas de autoria é uma questão relevante. Para alcançar esse objetivo e responder às questões de pesquisa (QP1 e QP2), optou-se por uma abordagem qualitativa, estruturada como estudo de caso múltiplo (Yin, 2018). A pesquisa foi conduzida durante o minicurso “Tecnologias Educacionais: construindo Sistemas Tutores Inteligentes a partir de Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT)”.

O minicurso foi oferecido em três eventos acadêmicos diferentes, o que proporcionou diversidade de perfis e contextos para analisar o primeiro contato dos educadores com a autoria de tutores. A proposta articulava uma parte teórica sobre STIs com a prática de construção de sistemas usando o CTAT, ferramenta escolhida por permitir que educadores desenvolvam STIs com baixa dependência de conhecimentos em programação (Aleven et al., 2016).

O artigo, assim, contribui para a literatura ao registrar as opiniões, as dificuldades de usabilidade e as perspectivas de aplicação prática relatadas pelos participantes, oferecendo evidências sobre como softwares de autoria podem facilitar a criação de soluções personalizadas de ensino em diferentes contextos.

3.1 Procedimentos e Coleta de Dados

Os minicursos foram aplicados em três cenários distintos, aproveitando a abrangência de eventos acadêmicos regionais e nacionais: o Congresso Brasileiro Interdisciplinar de Tecnologias (COBICET), o Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL+E) e a Semana de Ciências Exatas e Naturais (SECEN). O minicurso teve três edições, totalizando 26 participantes. A diversidade de ambientes (remoto e presencial) e de perfis dos eventos resultou em percepções variadas sobre a autoria de STIs. O roteiro metodológico se dividiu em dois momentos: fundamentação teórica e experimentação prática com o CTAT. A Tabela 2 resume as características de cada edição.

Tabela 2: Caracterização das Edições do Minicurso.

Edição	Evento	Modalidade	Nº Part.	Foco da Intervenção	Duração
1ª	COBICET	Remoto	5	Observação assistida — construção demonstrativa de tutor pelo ministrante	4 horas
2ª	CTRL-E	Presencial	3	Agência docente — construção ativa de tutores pelos participantes	4 horas
3ª	SECEN	Presencial	18	Curva de aprendizado — percepção de utilidade em disciplinas de exatas	4 horas

A primeira edição, no Congresso Brasileiro Interdisciplinar de Tecnologias (COBICET), foi remota. Os participantes acompanharam a construção de um tutor feita em tempo real pelo ministrante, o que permitiu uma visão geral da arquitetura e da lógica de autoria por demonstração. Essa edição serviu como uma introdução conceitual, sem a pressão de ter que executar a prática de imediato.

A segunda edição, no Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL-E), foi presencial e priorizou a construção ativa. Depois da parte teórica, os participantes trabalharam na criação de seus próprios tutores, lidando diretamente com os desafios de design e feedback. O perfil desse grupo — com profissionais de design instrucional e coordenação pedagógica — trouxe percepções mais amadurecidas sobre as possibilidades e limitações da ferramenta.

A terceira edição, na Semana de Ciências Exatas e Naturais (SECEN), também presencial, focou na curva de aprendizado de usuários sem contato anterior com a tecnologia. Como o evento aconteceu em uma instituição do semiárido nordestino e reuniu predominantemente estudantes de Tecnologia da Informação, os dados coletados nessa edição foram particularmente relevantes para entender como futuros profissionais — potenciais mediadores entre tecnologia educacional e escola — percebem a ferramenta.

Os dados foram coletados com três instrumentos: (a) Formulários de Percepção, aplicados ao final de cada minicurso para captar o perfil dos participantes e suas avaliações de utilidade e facilidade de uso; (b) Diário de Bordo, usado pelo pesquisador para anotar observações diretas, dúvidas frequentes e comportamentos durante a prática; e (c) Questionários de Respostas Abertas, voltados a capturar relatos mais detalhados sobre os desafios enfrentados. A Tabela 3 apresenta a estrutura desses instrumentos.

Tabela 3: Detalhamento dos Instrumentos de Pesquisa.

Instrumento	Aplicação	Objetivos	Ex. de Perguntas	Foco da Intervenção	Duração
Formulário de Percepção	Pré e Pós-Seminário	Caracterização do perfil e medição de consciência tecnológica.	“Já conhecia o conceito de STI?” “Como classifica a utilidade da ferramenta?”	Observação assistida — construção demonstrativa de tutor pelo ministrante	4 horas
Diário de Bordo	Durante a Intervenção	Registrar reações imediatas e obstáculos técnicos observados.	Registro de comentários sobre a lógica de componentes, dúvidas e frustrações com o idioma.	Agência docente — construção ativa de tutores pelos participantes	4 horas
Questionário de Respostas Abertas	Pós-Seminário	Coletar relatos detalhados e sugestões de melhoria.	“Quais obstáculos e frustrações existem para o uso na sua realidade?” “Como a abordagem unplugged favorece a inclusão?”	Curva de aprendizado — percepção de utilidade em disciplinas de exatas	4 horas

3.2 Participantes

No total, 26 pessoas participaram da pesquisa, selecionadas por conveniência durante os minicursos. O grupo era heterogêneo. De um lado, havia professores em exercício — atuantes no ensino fundamental e médio, gestores educacionais, coordenadores pedagógicos e designers instrucionais, com tempo de magistério variando de menos de um ano a mais de 20 anos. De outro, estudantes de graduação e pós-graduação, na maioria das áreas de Ciência e Tecnologia e Computação, representando uma geração que pode, no futuro, mediar a relação entre tecnologia educacional e sala de aula.

O gênero masculino predominou (76,9%), o que se explica em parte pela composição dos cursos de TI, que concentraram a maioria dos participantes da terceira edição. Um dado relevante é que 100% dos participantes declararam não ter conhecimento prévio sobre STIs ou sobre o CTAT. Isso confirma que o primeiro contato com a tecnologia de autoria aconteceu exclusivamente no minicurso, o que reduz vieses associados à experiência anterior. A Tabela 4 consolida o perfil de cada participante.

3.3 Considerações Éticas

Antes de cada minicurso, os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa e sobre o caráter voluntário da participação. A coleta foi anônima — usamos códigos alfanuméricos (P01

Tabela 4: Caracterização do Perfil dos Participantes da Pesquisa.

ID	Evento	Gênero	Faixa Etária	Ocupação Principal	Área de Atuação / Formação
P01	COBICET	Masc.	N/I*	Docente / Professor	Ensino de Ciência e Tecnologia
P02	COBICET	Masc.	N/I*	Discente Pós-Graduação	Ensino / Educação
P03	COBICET	Fem.	N/I*	Discente Pós-Graduação	Química
P04	COBICET	Masc.	N/I*	Discente Pós-Graduação	Computação
P05	COBICET	Fem.	N/I*	Discente Graduação	Ciência e Tecnologia
P06	CTRL-E	Fem.	51–60	Designer Instrucional	Design Instrucional / Gestão
P07	CTRL-E	Masc.	31–40	Docente / Professor	Coordenação Pedagógica
P08	CTRL-E	Masc.	21–30	Discente Pós-Graduação	Tecnologias na Educação
P09	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P10	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P11	SECEN	Fem.	21–30	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P12	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P13	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P14	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P15	SECEN	Masc.	21–30	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P16	SECEN	Fem.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P17	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P18	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P19	SECEN	Fem.	21–30	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P20	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P21	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P22	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P23	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P24	SECEN	Masc.	21–30	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P25	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)
P26	SECEN	Masc.	<20	Discente Graduação	Tecnologia da Informação (TI)

a P26) em vez de nomes. Os formulários e questionários foram aplicados após consentimento verbal, com explicação prévia dos fins acadêmicos. Como os dados foram coletados em eventos científicos públicos, com participação voluntária e anonimização dos respondentes, o estudo seguiu os princípios éticos de pesquisa com seres humanos vigentes no Brasil.

3.4 Análise de Dados

A análise seguiu o método de Análise Temática Reflexiva de Clarke e Braun, 2017. A escolha se justifica pela flexibilidade do método e por sua adequação a pesquisas exploratórias que buscam identificar padrões em dados textuais. O processo percorreu seis fases.

Na primeira fase (familiarização), todas as respostas abertas, registros do diário de bordo e notas de observação foram lidos integralmente e de forma repetida, para que se formasse uma compreensão inicial do conjunto de dados.

Na segunda fase (codificação), segmentos de texto relevantes foram identificados e codificados de forma indutiva — sem categorias predefinidas. Exemplos de códigos: “desejo de personalização”, “frustração com idioma”, “percepção de utilidade para escolas com poucos recursos” e “dificuldade com a lógica de comportamento”.

Na terceira fase (busca por temas), os códigos foram agrupados por afinidade, o que resultou em dois eixos: percepções positivas (consciência de autoria) e desafios manifestados.

Na quarta fase (revisão), os temas candidatos foram confrontados com os dados originais para verificar sua coerência.

Na quinta fase (definição), os temas receberam nomes definitivos: na dimensão de Consciência e Percepção, três categorias (Autoria e Intenção, Aplicabilidade e Mediação, Atributos de Valor); na dimensão de Desafios, quatro categorias (Usabilidade, Desafios Cognitivos, Limitações Linguísticas, Barreiras Estruturais).

Na sexta fase (produção do relatório), os achados foram organizados e articulados com a literatura, gerando a narrativa apresentada a seguir.

O que se buscou, ao longo de todo o processo, foi identificar padrões que relacionassem a facilidade de autoria com a intenção de uso futuro, além de mapear os obstáculos que surgem quando professores sem formação técnica tentam assumir o papel de autores de STIs.

4 Resultados

Os temas que emergiram da análise são apresentados em duas dimensões: a percepção de consciência sobre o desenvolvimento, que responde à QP1, e os desafios enfrentados no uso do CTAT, que responde à QP2.

4.1 Consciência e Percepção sobre o Desenvolvimento

Essa dimensão mostra como os docentes se posicionam diante da possibilidade de criar STIs. Três categorias foram identificadas.

4.1.1 Percepção de Autoria e Intenção de Desenvolvimento

Os participantes demonstraram identificação com o papel de criadores. P01 destacou a “possibilidade de montar sua própria versão” de tutor, o que indica uma apropriação rápida da ideia de autoria. P03 e P09 valorizaram a “personalização e versatilidade do sistema”, apontando a adaptação a contextos específicos como um diferencial importante.

O fato de não ser necessário programar pesou bastante nessa percepção. P03 observou que “a ferramenta permite criar tutores sem precisar programar”, e P05 reforçou que “mesmo sem conhecimento técnico, é possível desenvolver algo funcional”. Essas falas sugerem que a remoção da barreira de codificação é condição necessária — embora não suficiente — para que os docentes se enxerguem como potenciais autores.

Vale notar que essa percepção não foi homogênea. Os participantes do COBICET e do CTRL-E, com perfis mais acadêmicos e profissionais, articularam suas percepções com reflexões sobre aplicabilidade concreta. Já os participantes da SECEN, em sua maioria estudantes de graduação em TI, tenderam a focar nos aspectos técnicos. Essa diferença é relevante para o planejamento de futuras intervenções formativas.

4.1.2 Percepção de Aplicabilidade e Mediação Pedagógica

Os docentes e futuros educadores enxergaram a ferramenta como “suporte para o engajamento” (P03) e recurso para “acompanhamento de tarefas” (P02), com destaque para sua utilidade em “escolas com escassez de aparatos tecnológicos” (P04). P02 destacou que o tutor poderia funcionar como “auxiliar permanente do professor, que não substitui, mas complementa a ação docente” — uma visão de integração, e não de substituição.

O uso de STIs foi descrito como uma forma de aprender por “tentativa e erro” (P07), “facilitando o processo cognitivo de forma superior ao estudo individual tradicional” (P05). P06, que tinha experiência em design instrucional, complementou observando que “a lógica de caminhos alternativos permite atender diferentes ritmos de aprendizagem, algo difícil de implementar na sala de aula presencial convencional”.

P04 trouxe um relato que ilustra bem a projeção do uso em contextos concretos: “em escolas do interior, onde às vezes um professor leciona várias disciplinas, ter um tutor que auxilia os alunos de forma autônoma seria revolucionário”. A fala mostra que os participantes não só reconhecem o potencial teórico da ferramenta, mas conseguem imaginá-la em cenários reais de atuação.

4.1.3 Atributos de Valor da Tecnologia

O feedback foi apontado como o maior diferencial (P03, P07). Os participantes valorizaram que o sistema permite ao aluno avançar na tarefa por meio de “erros direcionados” (P02), o que dialoga com a literatura sobre o papel do feedback imediato na aprendizagem (Silva et al., 2025). P07, que atua como coordenador pedagógico, colocou de forma direta: “o feedback imediato é o que os professores mais desejam poder oferecer e é justamente o que mais falta na sala de aula lotada”.

Outros atributos de valor foram mencionados: a possibilidade de acompanhar o progresso individual (P02, P08), a criação de exercícios adaptativos (P03) e a geração de relatórios de desempenho que embasam decisões pedagógicas (P06). P08 observou que “a learning analytics gerada pelo sistema permite que o professor tome decisões baseadas em dados, e não apenas em intuição”.

4.2 Desafios Manifestados

As percepções positivas conviveram com barreiras consideráveis. Quatro categorias de desafios foram identificadas.

4.2.1 Barreiras de Usabilidade e Experiência do Usuário

A interface do CTAT foi o ponto de maior atrito. P01 disse que “a interface não é intuitiva” e P09 que a tela parece “cheia de detalhes”, dificultando encontrar as funções principais. P06, com sua experiência em design, observou que a aparência é “muito pequena” e que “os ícones e menus não seguem os padrões visuais a que os usuários estão acostumados em softwares modernos” — apontando para a necessidade de uma atualização visual.

As anotações do diário de bordo confirmam essas impressões. Na sessão prática da SECEN, os participantes levaram em torno de 15 minutos para localizar a funcionalidade de criação do grafo de comportamento, mesmo com orientação do ministrante. É um dado observacional, mas consistente com os relatos de frustração.

4.2.2 Desafios Cognitivos e a Lógica de Comportamento

A dificuldade principal não estava na programação (que a ferramenta elimina), mas na estruturação do pensamento lógico necessário para modelar o comportamento do tutor. P02 relatou que “compreender como estruturar corretamente o fluxo de ações e regras” foi o maior desafio. P04 admitiu ter ficado “confuso no começo” até receber orientação mais direta.

O diário de bordo mostrou que o conceito de behavior graph foi o que gerou mais dificuldade: os participantes precisavam antecipar tanto as respostas corretas quanto os erros possíveis, criando caminhos alternativos. P03 comentou que “pensar nos erros que o aluno pode cometer exige que o professor conheça profundamente as dificuldades conceituais da disciplina”. Ou seja, a autoria de STIs demanda um repertório pedagógico sofisticado sobre concepções alternativas dos estudantes — não basta saber usar a ferramenta.

Esses relatos indicam que, sem suporte técnico adequado e formação prévia sobre a lógica da autoria, a ferramenta pode gerar frustração e comprometer o engajamento do professor.

4.2.3 Limitações Linguísticas

A ausência de tradução da plataforma foi duramente criticada. P01, P02 e P04 apontaram o idioma — exclusivamente inglês — como barreira de acessibilidade. P01 observou que “não é só a interface; a documentação, os tutoriais e os fóruns de suporte são todos em inglês, o que dificulta a aprendizagem autônoma da ferramenta”. P02 complementou: “para um professor de escola pública no interior, que pode ter tido pouca exposição ao inglês técnico, essa barreira pode ser insuperável”.

Considerando o perfil socioeconômico dos docentes da educação básica brasileira, pressupor domínio de inglês técnico é irreal na maioria dos casos. Essa barreira, somada às outras, acaba desestimulando a autoria autônoma.

4.2.4 Barreiras Estruturais e Vulnerabilidade

Os dados coletados nos Questionários de Respostas Abertas trouxeram à tona a realidade das escolas. P02 enfatizou a “falta de verba para computadores” e P03 mencionou o “difícil acesso dos alunos à tecnologia”. P04 foi além: “muitas escolas do interior nem sequer têm energia elétrica estável, quanto mais laboratório de informática”.

Essas falas reforçam a importância do paradigma unplugged como caminho para garantir que a inteligência do tutor chegue ao aluno mesmo onde a infraestrutura é precária. P06 sintetizou a percepção do grupo: “a abordagem unplugged é a mais democrática, porque parte da realidade do professor e do aluno, e não de um ideal tecnológico que existe apenas nos grandes centros urbanos”.

5 Discussão

Esta seção articula os achados da pesquisa com a literatura recente, buscando compreender em que medida o paradigma unplugged e ferramentas como o CTAT respondem às demandas reais do contexto escolar brasileiro. A discussão gira em torno da capacidade dessas tecnologias de enfrentar a iniquidade educacional e das barreiras de usabilidade que ainda limitam a participação efetiva do professor no ciclo de desenvolvimento da IAED.

5.1 Agência Docente e o Papel de Co-Designer

Os resultados mostram uma forte percepção de agência entre os participantes, expressa no desejo de “montar sua própria versão” (P01) e na valorização da “personalização e versatilidade” (P03). Isso confirma o que Dermeval e Bittencourt, 2020 descrevem como alta aceitação de ferramentas de autoria quando o professor sente que pode coprojetar soluções adequadas à sua realidade. O fato de que nenhum participante conhecia STIs antes do minicurso torna esse dado ainda mais expressivo — a disposição para criar já existia de forma latente e se manifestou assim que a oportunidade apareceu.

O interesse em “ajustar o tutor para diferentes contextos” (P04, P06) reflete o que Alonso-Prieto et al., 2025 e Galletti e Cesaroni, 2025 descrevem como agência em ação: o professor abandona a posição de consumidor passivo e negocia os objetivos pedagógicos por meio da ferramenta. Holstein et al., 2017 já haviam demonstrado que docentes tendem a rejeitar sistemas que ameaçam sua autonomia, preferindo ferramentas que lhes permitam decidir “quem ajudar, quando e como”.

Houve, contudo, diferenças entre os grupos. Os profissionais mais experientes (COBICET, CTRL-E) elaboraram visões mais estratégicas, enquanto os estudantes (SECEN) se concentraram nos aspectos técnicos. Isso é coerente com o que Priestley et al., 2015 argumentam: a agência não é um atributo fixo do indivíduo, mas algo que emerge da interação entre capacidades pessoais, condições estruturais e contexto.

5.2 Feedback, Personalização e Desafios de Usabilidade

A importância que os participantes deram ao feedback imediato e às “dicas gradativas” (P02, P07) confirma os achados de Silva et al., 2025, que colocam o feedback como o elemento mais determinante para a eficácia dos STIs. A observação de P07 sobre o feedback ser “o que mais falta na sala de aula lotada” estabelece uma ligação direta entre o que o STI oferece e o que o professor precisa no dia a dia.

Os problemas de usabilidade do CTAT, porém, são um contraponto importante. A interface foi descrita como “não intuitiva” e “complexa” (P08, P10). Calò e MacLellan, 2024 argumentam que mesmo ferramentas que eliminam a necessidade de programar ainda podem impor barreiras de design que sobrecarregam o professor. A observação de que os participantes demoraram em torno de 15 minutos para achar funcionalidades básicas — mesmo com orientação — sugere que a curva de aprendizado pode desestimular docentes com pouco tempo e recursos.

As sugestões de “novas atualizações” (P11) e interfaces menos “cheias de detalhes” (P09) apontam na mesma direção da proposta de Calò e MacLellan, 2024: usar IA Generativa para automatizar a criação de interfaces. Isso permitiria que o professor se concentrasse na lógica pedagógica. Além disso, a integração de LLMs poderia oferecer suporte em português, atacando ao mesmo tempo as barreiras de usabilidade e de idioma.

5.3 Mitigação da Iniquidade e o Paradigma Unplugged

A preocupação dos participantes com a “falta de verba para computadores” (P02) e o “difícil acesso dos alunos à tecnologia” (P03, P04) reflete a realidade das escolas brasileiras. O relato de P04 sobre escolas sem “energia elétrica estável” mostra que a iniquidade digital no país vai além da questão de internet — atinge camadas mais básicas da infraestrutura.

Isso valida o argumento de Isotani et al., 2023 sobre a necessidade do paradigma unplugged. A percepção dos docentes de que o STI pode funcionar mesmo em cenários sem conectividade (P04) reforça que o sucesso dessas tecnologias depende de sua utilidade prática em ambientes com recursos escassos. P06 resumiu: “a abordagem unplugged é a mais democrática, porque parte da realidade do professor e do aluno”.

Xia et al., 2022 falam da necessidade de uma IA adaptável, e é exatamente isso que o paradigma unplugged propõe. Quando o professor assume a autoria em um modelo unplugged, ele personaliza o ensino e, ao mesmo tempo, atua para reduzir a iniquidade, porque a inovação pedagógica passa a não depender de uma infraestrutura que a escola não tem. Essa pode ser a contribuição mais relevante do paradigma para o contexto brasileiro: desvincular a inteligência do sistema da necessidade de infraestrutura digital.

5.4 A Transição de Usuário a Avaliador Crítico

O contato com a ferramenta de autoria promoveu uma mudança de postura nos participantes. Ao relatarem intenção de usar o CTAT em áreas como mestrado, redes e manutenção de computadores (P02, P04, P06), os docentes demonstram que transitaram de “consumidores de software” para “avaliadores críticos”, capazes de enxergar tanto as possibilidades quanto as limitações da tecnologia.

Galletti e Cesaroni, 2025 descrevem essa transição como o ponto em que o professor passa a negociar objetivos pedagógicos com as capacidades do sistema. Mas os desafios cognitivos e a curva de aprendizagem relatados (P01, P03) indicam que essa agência plena só se concretiza quando há suporte técnico e formação continuada. A dificuldade com o behavior graph, por exemplo, revela que a autoria de STIs exige um tipo de raciocínio pedagógico-computacional que não faz parte da formação inicial de professores.

Os achados do estudo sugerem, portanto, que a inclusão do professor no ciclo de desenvolvimento da IAED depende de um conjunto integrado de condições: (a) ferramentas com design acessível e suporte linguístico em português; (b) programas de formação continuada que desenvolvam o raciocínio pedagógico-computacional necessário para a autoria; e (c) políticas públicas que assegurem condições mínimas de infraestrutura para a experimentação tecnológica nas escolas.

6 Considerações Finais

Esta pesquisa investigou como os docentes percebem o processo de autoria de Sistemas Tutores Inteligentes, com foco no paradigma unplugged e na ferramenta CTAT. Em relação à QP1, os resultados mostraram que há uma disposição clara dos educadores para atuar como co-designers, com destaque para a valorização da personalização e do feedback imediato — elementos que os professores consideram centrais para o engajamento dos alunos. Em relação à QP2, emergiram quatro categorias de desafios — usabilidade, cognição, idioma e infraestrutura — que se mostram interdependentes: enfrentá-los de forma isolada não resolve o problema.

A ferramenta de autoria funciona como um mecanismo que dá ao professor poder de negociação sobre os objetivos pedagógicos, sem exigir programação. Mas a usabilidade da interface e a barreira do idioma continuam sendo obstáculos que podem levar à desistência. O estudo reforça que enfrentar a iniquidade educacional exige mais do que disponibilizar tecnologia: é preciso garantir que o professor participe do ciclo de desenvolvimento e que as ferramentas respeitem o contexto em que ele trabalha.

As contribuições deste trabalho podem ser organizadas em três pontos: (i) a constatação empírica de que a disposição para a autoria existe entre os docentes e se manifesta quando há oportunidade de contato com a ferramenta; (ii) a identificação de um conjunto articulado de barreiras — técnicas, linguísticas, cognitivas e de infraestrutura — que condicionam a viabilidade da autoria em contextos vulneráveis; e (iii) a validação qualitativa do paradigma unplugged como estratégia de enfrentamento da iniquidade digital no contexto educacional brasileiro.

6.1 Implicações para Políticas Públicas

Os resultados sugerem que o MEC e as Secretarias de Educação deveriam repensar seus modelos de formação tecnológica. É necessário investir em formação continuada voltada à autoria — e não apenas ao uso de softwares prontos. Políticas nesse sentido devem estimular a criação de repositórios locais de STIs unplugged, com o professor atuando como responsável pela solução pedagógica. Também seria importante investir na tradução e adaptação de ferramentas de autoria consolidadas, como o CTAT, e apoiar o desenvolvimento de ferramentas nacionais que incorporem IA Generativa para facilitar a criação de interfaces.

6.2 Limitações e Trabalhos Futuros

O estudo tem limitações que devem ser consideradas. A coleta foi feita em eventos científicos, o que pode ter selecionado um público com interesse prévio em tecnologia — os resultados, portanto, podem não representar o conjunto dos docentes brasileiros, especialmente aqueles com menor afinidade tecnológica. A amostra também se concentrou em profissionais e estudantes de Exatas e Tecnologia, o que pode ter favorecido percepções mais positivas sobre a ferramenta. Além disso, os dados captam percepções imediatas após uma experiência pontual com o CTAT — não é possível afirmar que essas percepções se traduziriam em práticas duradouras.

Para pesquisas futuras, recomenda-se: (a) ampliar o público-alvo, incluindo professores de Humanas e Linguagens, para investigar como a lógica dos STIs se adapta a disciplinas menos estruturadas; (b) realizar estudos longitudinais que acompanhem se a intenção de autoria se converte

em uso efetivo ao longo de um semestre; (c) explorar a integração de LLMs para automatizar a tradução e o design de interfaces, enfrentando diretamente as barreiras linguísticas e de usabilidade aqui identificadas; e (d) conduzir estudos experimentais comparando a eficácia de STIs criados por professores com STIs desenvolvidos por especialistas técnicos, verificando se a autoria docente produz sistemas mais adequados ao contexto de uso.

Declaração de Disponibilidade de Dados

Os instrumentos de coleta e os dados anonimizados podem ser disponibilizados mediante solicitação aos autores, em conformidade com os princípios de ciência aberta e as diretrizes da RBIE.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio financeiro da Fundação Itaú, no âmbito do Edital IA para Educação de 2024, por meio do projeto “Sistema Tutor Inteligente Unplugged com IA Generativa para o Ensino de Física”.

Os autores também expressam seus sinceros agradecimentos a Denilson Gabriel Freitas de Carvalho, pelo convite e auxílio fundamental na condução e ministração dos minicursos práticos que viabilizaram a execução desta pesquisa, bem como a João Carlos Herculano da Silva Queiroz, por sua valiosa contribuição na organização e apresentação visual dos dados que compõem este trabalho.

Contribuição dos Autores

Em conformidade com a taxonomia CRediT: Maria Luiza Alves Lopes — Conceituação (Conceptualization), Investigação (Investigation), Metodologia (Methodology), Visualização (Visualization), Escrita – rascunho original (Writing – original draft), Escrita – revisão e edição (Writing – review & editing). Geiser Chalco Chalco: Conceituação (Conceptualization), Supervisão (Supervision), Obtenção de financiamento (Funding acquisition), Metodologia (Methodology), Escrita – revisão e edição (Writing – review & editing).

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

Referências

- Aleven, V., McLaren, B. M., Sewall, J., van Velsen, M., Popescu, O., Demi, S., Ringenberg, M., & Koedinger, K. R. (2016). Example-tracing tutors: Intelligent tutor development for non-programmers. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 224–269. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0088-2> [GS Search].
- Alonso-Prieto, V., Dimitriadis, Y., Villagrà-Sobrino, S. L., Ortega-Arranz, A., Topali, P., & Martínez-Monés, A. (2025). Exploring How Teacher Agency Unfolds Within the Co-design of a Smart Learning Environment-Supported Learning Activity: A Case Study. *Journal of Information Technology Education: Research*, 24, **jourarticle** 034. <https://doi.org/10.28945/5615> [GS Search].
- Barbosa, S. D. J., Silva, B. S., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., & Barbosa, G. D. J. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Leanpub. [GS Search].
- Calò, T., & MacLellan, C. J. (2024). Towards Educator-Driven Tutor Authoring: Generative AI Approaches for Creating Intelligent Tutor Interfaces. *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Learning @ Scale (L@S '24)*, 305–309. <https://doi.org/10.1145/3657604.3664694> [GS Search].
- Clarke, V., & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *The Journal of Positive Psychology*, 12(3), 297–298. <https://doi.org/10.1080/17439760.2016.1262613> [GS Search].
- Dermeval, D., & Bittencourt, I. I. (2020). Co-designing Gamified Intelligent Tutoring Systems with Teachers. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28, 73–91. <https://doi.org/10.5753/rbie.2020.28.0.73> [GS Search].
- Galletti, M., & Cesaroni, V. (2025). From End-Users to Co-Designers: Lessons from Teachers. *Proceedings of the 20th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2025)*, 505–516. <https://doi.org/10.18653/v1/2025.bea-1.37> [GS Search].
- Holstein, K., McLaren, B. M., & Aleven, V. (2017). Intelligent tutors as teachers' aides: Exploring teacher needs for real-time analytics in blended classrooms. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, 257–266. <https://doi.org/10.1145/3027385.3027451> [GS Search].
- Isotani, S., Bittencourt, I. I., Chalco, G. C., Dermeval, D., & Mello, R. F. (2023). AIED Unplugged: Leapfrogging the Digital Divide to Reach the Underserved. *International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 772–779. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36336-8_118 [GS Search].
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420> [GS Search].
- Macina, J., Daheim, N., Wang, L., Sinha, T., Kapur, M., Gurevych, I., & Sachan, M. (2023). Opportunities and Challenges in Neural Dialog Tutoring. *Proceedings of the 17th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 2357–2372. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.eacl-main.173> [GS Search].
- Priestley, M., Biesta, G., & Robinson, S. (2015). *Teacher Agency: An Ecological Approach*. Bloomsbury Academic. [GS Search].
- Rodrigues, L., Guerino, G., da Silva, T. E. V., Bianchini, L. P., Alvez, M. X. M. S., Vieira, T., Marinho, M., Macario, V., Dermeval, D., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2024). MathAide

- in the Classroom: A Qualitative Analysis of Teachers' Perspectives of Intelligent Tutoring Systems Unplugged. *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2024)*, 1515–1528. <https://doi.org/10.5753/sbie.2024.242017> [GS Search].
- Silva, L. R., Fior, C. A., Rodrigues, L. A. L., Penha, R., Dermeval, D., & Isotani, S. (2025). Use of feedback in intelligent tutoring systems: A systematic literature review. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2565681> [GS Search].
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369> [GS Search].
- Xia, Q., Chiu, T. K. F., Lee, M., Sanusi, I. T., Dai, Y., & Chai, C. S. (2022). A self-determination theory (SDT) design approach for inclusive and diverse artificial intelligence (AI) education. *Computers & Education*, 189, 104582. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104582> [GS Search].
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6^a ed.). SAGE Publications. [GS Search].