

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM CHATBOT PARA ORIENTAÇÃO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: UM GUIA INTERATIVO PARA ESTUDANTES

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A CHATBOT FOR GUIDANCE IN MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING: AN INTERACTIVE GUIDE FOR STUDENTS

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN CHATBOT PARA ORIENTACIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: UNA GUÍA INTERACTIVA PARA ESTUDIANTES

Yuri David Silva Duarte¹
Paula Teixeira Nakamoto²
Ricael Spirandeli Rocha³

RESUMO: Este estudo apresenta o desenvolvimento de um agente conversacional para apoio educacional — um chatbot — projetado como um recurso de estudo dirigido e com a função de tutor no ensino de frações matemáticas. Seu objetivo é auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos, na prática por meio de exercícios e na aplicação do conhecimento em situações cotidianas, como dividir uma pizza, seguir receitas ou calcular descontos em promoções. A relevância deste tema está na crescente demanda por ferramentas tecnológicas que apoiem o processo de ensino-aprendizagem, especialmente em disciplinas como a matemática, onde muitos alunos enfrentam dificuldades significativas. A utilização de chatbots na educação tem se mostrado promissora, pois oferece suporte contínuo aos estudantes e favorece a personalização do aprendizado. Pesquisas anteriores indicam que assistentes virtuais podem contribuir significativamente na realização de tarefas escolares, aumentando tanto o engajamento quanto o desempenho dos alunos.

1

Palavras-chave: Agente convencional. Chatbot. Guia Interativo. Problemas Matemáticos. Inteligência Artificial Generativa.

ABSTRACT: This study presents the development of a conversational agent for educational support — a chatbot — designed as a guided study resource and with the function of a tutor in teaching mathematical fractions. Its objective is to help students understand concepts, practice through exercises and apply knowledge in everyday situations, such as sharing a pizza, following recipes or calculating discounts on promotions. The relevance of this topic lies in the growing demand for technological tools that support the teaching-learning process, especially in subjects such as mathematics, where many students face significant difficulties. The use of chatbots in education has shown promise, as it offers continuous support to students and favors the personalization of learning. Previous research indicates that virtual assistants can significantly contribute to completing school tasks, increasing both student engagement and performance.

Keywords: Conversational Agent. Chatbot. Interactive Guide. Mathematical Problem Solving. Generative Artificial Intelligence.

¹Graduando em Engenharia de Computação. Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba Parque Tecnológico.

²Orientadora. Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Professora titular do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba Parque Tecnológico.

³Coordenador. Doutorando em Educação Tecnológica. Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba Parque Tecnológico.

RESUMEN: Este estudio presenta el desarrollo de un agente conversacional de apoyo educativo —un chatbot— diseñado como recurso de estudio guiado y con función de tutor en la enseñanza de fracciones matemáticas. Su objetivo es ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, practicar mediante ejercicios y aplicar conocimientos en situaciones cotidianas, como compartir una pizza, seguir recetas o calcular descuentos en promociones. La relevancia de este tema radica en la creciente demanda de herramientas tecnológicas que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en materias como matemáticas, donde muchos estudiantes enfrentan importantes dificultades. El uso de chatbots en educación se ha mostrado prometedor, ya que ofrece apoyo continuo a los estudiantes y favorece la personalización del aprendizaje. Investigaciones anteriores indican que los asistentes virtuales pueden contribuir significativamente a completar las tareas escolares, aumentando tanto la participación como el rendimiento de los estudiantes.

Palabras clave: Agente conversacional. Chatbot. Guía interactiva. Resolución de problemas matemáticos. Inteligencia Artificial Generativa.

INTRODUÇÃO

A emergência das inteligências artificiais (IAs) generativas representa um marco paradigmático nas interações humano-tecnologia, transformando profundamente diversas esferas sociais, incluindo a educação. Essas ferramentas, baseadas em modelos de linguagem avançados, como o GPT-4, não apenas redefinem os processos de ensino e aprendizagem, mas também desafiam estruturas pedagógicas tradicionais.

2

Sua capacidade de simplificar conceitos complexos, personalizar explicações e gerar conteúdos sob demanda as torna poderosas aliadas na democratização do conhecimento (LUCKIN, 2018).

Nesse cenário de rápidas transformações, as habilidades do futuro, conforme apontado pelo Fórum Econômico Mundial (2023), demandarão cada vez mais a capacidade de aprender continuamente e de se adaptar a um mundo em constante evolução.

O texto destaca que a educação deve integrar as IAs generativas, mas também preparar os estudantes para usá-las de forma crítica e autônoma. Apesar dos benefícios, há riscos, como a ilusão de competência, em que o aluno acredita dominar um conteúdo apenas por obter respostas facilmente (SOK e HENG, 2023). Além disso, o uso excessivo dessas ferramentas pode comprometer habilidades essenciais, como pensamento crítico, pesquisa autônoma e resolução de problemas (SOK e HENG, 2023).

A facilidade de acesso a respostas prontas pode reduzir o esforço cognitivo dos estudantes, levando à dependência da tecnologia e prejudicando a compreensão profunda. Esse

problema é ainda mais relevante no ensino de matemática, que exige engajamento ativo (CHI e WYLIE, 2014), especialmente em conteúdos básicos como frações, considerados fundamentais para o progresso na área (NATIONAL MATHEMATICS ADVISORY PANEL, 2008).

Diante desse cenário, surge a necessidade de utilizar a IA de forma equilibrada, aproveitando seus benefícios sem comprometer o desenvolvimento cognitivo. Assim, a pesquisa propõe o desenvolvimento de um chatbot educacional que atue como tutor no ensino de frações para alunos do ensino fundamental, oferecendo orientação e suporte sem fornecer respostas prontas, incentivando a compreensão e a aplicação prática do conhecimento.

Como metodologia, foi utilizada a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) para analisar o estado da arte e embasar o desenvolvimento da proposta. Por fim, reforça-se que o chatbot deve atuar como ferramenta pedagógica complementar, apoiando o processo de ensino-aprendizagem sem substituir o professor, e promovendo o pensamento crítico e a aprendizagem significativa.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA: FUNDAMENTOS PARA UMA INTEGRAÇÃO CRÍTICA

3

A inteligência artificial é apresentada como uma tecnologia disruptiva na educação, com impactos relevantes no ensino de matemática (LUCKIN, 2018). Nesse contexto, sistemas generativos contribuem ao tornar conceitos abstratos mais acessíveis por meio de representações visuais e linguísticas, personalizar o ensino com base no desempenho do aluno e fornecer feedback imediato durante a resolução de problemas (JOUBERT e WICKENS, 2022; MOLLICK e MOLLICK, 2023).

Essas características são especialmente importantes na matemática, onde a construção gradual do conhecimento e a prática orientada são essenciais para a compreensão profunda (NATIONAL MATHEMATICS ADVISORY PANEL, 2008). No entanto, o uso inadequado da IA pode levar a uma compreensão superficial dos conceitos (RITTLE-JOHNSON e SCHNEIDER, 2015), à dependência excessiva de soluções automatizadas (SOK e HENG, 2023) e à dificuldade de aplicar o conhecimento em situações reais (BRANSFORD et al., 2000), comprometendo o desenvolvimento do raciocínio lógico e da abstração (SOK e HENG, 2023).

Diante disso, o uso da IA no ensino de matemática exige planejamento pedagógico cuidadoso. É importante que os sistemas incentivem a exploração ativa, a verbalização do

raciocínio e a proposição de desafios adequados ao nível do estudante (SOK e HENG, 2023; VYGOTSKY, 1978). Nesse processo, o professor mantém papel fundamental como mediador, garantindo que a tecnologia amplie — e não substitua — o pensamento matemático.

Por fim, o texto reforça a necessidade de uma abordagem crítica e baseada em evidências, destacando a importância de mapear o estado da arte, identificar lacunas na literatura e propor diretrizes que orientem o uso responsável da IA na educação matemática, alinhado ao desenvolvimento do raciocínio lógico (RITTLE-JOHNSON e SCHNEIDER, 2015; SOK e HENG, 2023; NATIONAL MATHEMATICS ADVISORY PANEL, 2008).

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, uma vez que busca compreender as possibilidades, desafios e implicações do uso de inteligência artificial generativa e chatbots no ensino de matemática, sem a pretensão de quantificar resultados ou testar hipóteses predefinidas (GIL, 2008).

Não obstante, possui caráter exploratório a qual justifica-se pela necessidade de mapear e analisar criticamente as produções acadêmicas sobre o tema, que ainda está em consolidação no campo educacional para assim poder compreender sobre o uso de inteligência artificial generativa no ensino de matemática, bem como a aplicação de chatbots na educação básica para o mesmo fim.

Nesse sentido, optou-se por uma revisão sistemática da literatura de abordagem qualitativa. Tendo em vista que esse método segue um processo rigoroso de busca e seleção de materiais sobre o tema, diferenciando-se de outros tipos de revisão devido às suas técnicas específicas, que ajudam a definir e delimitar o objeto de estudo (KITCHENHAM et al., 2010).

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL), embora valiosa, apresenta pontos positivos e complexos. Como destacam Souza e Canalli (2014), a principal complexidade desse método reside na exigência de um trabalho meticuloso e demorado, pois requer uma análise detalhada dos estudos existentes incluindo processos de meta-análise, além da necessidade de seguir protocolos rigorosos para garantir a confiabilidade dos resultados encontrados. Já as principais vantagens na utilização desta metodologia é:

A segurança no processo seguido, a possibilidade de replicabilidade do estudo, bem como, a confiabilidade do processo, uma vez que este é executado de modo planejado e sistemático. No entanto, apesar das vantagens apresentadas, o processo manual de revisão sistemática é trabalhoso e propenso a falhas, caso não seja cuidadosamente seguido (SOUZA; CANALLI, 2014, p. 12).

Nesse contexto, a RSL demanda um processo metodológico complexo, com múltiplas etapas que exigem precisão e consistência. Diante desse desafio, o apoio de recursos tecnológicos se mostra fundamental para assegurar eficiência e confiabilidade na execução.

Nesse sentido, utilizou-se o software StArt (State of the Art through Systematic Review), uma ferramenta especializada desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) sediado pelo Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (DC/UFSCar). A ferramenta é totalmente gratuita e o objetivo da utilização foi facilitar a condução de revisões sistemáticas.

O texto descreve o uso de uma ferramenta amplamente reconhecida no meio acadêmico para apoiar o planejamento de revisões sistemáticas, especialmente na definição dos elementos centrais do protocolo de pesquisa, como objetivos, pergunta de investigação, critérios de inclusão e exclusão e estratégias de busca. Essa fase é considerada fundamental para garantir qualidade, organização, rigor metodológico e reprodutibilidade, sendo a ferramenta importante para padronizar o processo, reduzir vieses e facilitar a análise da literatura.

A estratégia de busca foi estruturada em três etapas: elaboração da string de busca, seleção das bases de dados e aplicação dos critérios de seleção. Optou-se pelo uso de termos em inglês para ampliar o alcance internacional dos estudos. A string foi construída com base em três eixos principais — tecnologias educacionais, inteligência artificial generativa e ensino de matemática — combinados com operadores booleanos, garantindo maior precisão e abrangência nos resultados.

As buscas foram realizadas nas bases Scopus, Web of Science, Google Scholar e SciELO Brasil, totalizando 450 estudos inicialmente identificados. Diante desse volume, foram aplicados critérios rigorosos de inclusão e exclusão, considerando apenas trabalhos revisados por pares, com acesso completo e alinhados ao tema. Foram excluídos duplicados, estudos fora do escopo e publicações preliminares. Todo o processo de triagem foi cuidadosamente documentado, assegurando que o corpus final fosse composto apenas por estudos relevantes e metodologicamente consistentes.

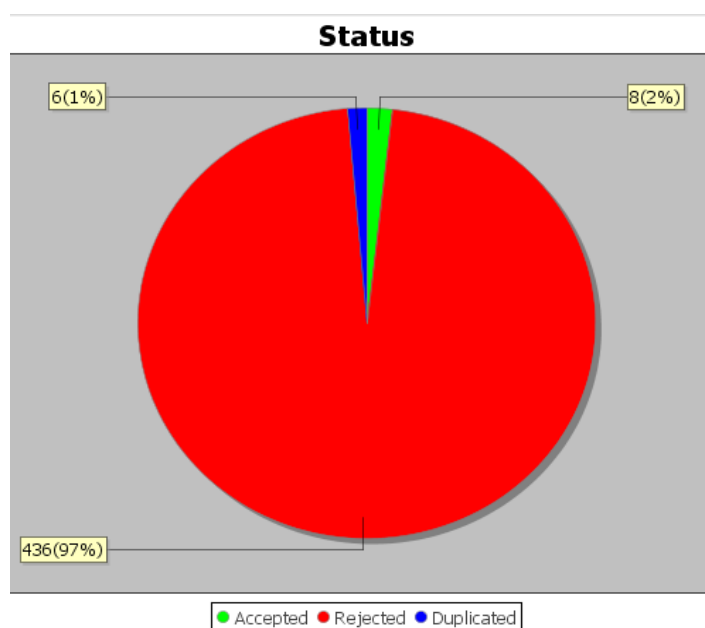
Na etapa subsequente à busca inicial, procedeu-se à seleção dos estudos por meio de uma leitura flutuante criteriosa (BARDIN, 2011), aplicando os parâmetros de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Esta fase teve como objetivo assegurar a qualidade e pertinência dos trabalhos que integrariam a revisão sistemática, mantendo o foco na aplicação de chatbots e inteligência artificial generativa no ensino de frações matemáticas.

Os critérios de inclusão priorizaram estudos acadêmicos, como artigos revisados por pares, teses e dissertações com dados empíricos disponíveis. Foram selecionadas pesquisas experimentais ou com análises bem definidas, quantitativas ou qualitativas, publicadas entre 2018 e 2024, para contemplar discussões recentes sobre tecnologias educacionais. Também foram incluídos trabalhos em português, inglês e espanhol, desde que disponíveis na íntegra, visando abranger tanto a produção internacional quanto regional.

Foram definidos critérios rigorosos de exclusão, descartando estudos não educacionais, fora do tema de frações, sem revisão por pares ou com baixa qualidade metodológica. Na triagem de 450 artigos, 6 duplicados foram removidos e 436 excluídos por falta de relevância ou qualidade, restando apenas 8 estudos (1%) para a revisão sistemática.

Essa distribuição percentual, com 99% de exclusão, evidencia o alto nível de exigência aplicado na seleção, garantindo que apenas as pesquisas mais relevantes e metodologicamente consistentes fossem incorporadas à análise. A Figura 1 detalha visualmente o status de seleção realizada.

Figura 1 - Status de seleção inicial



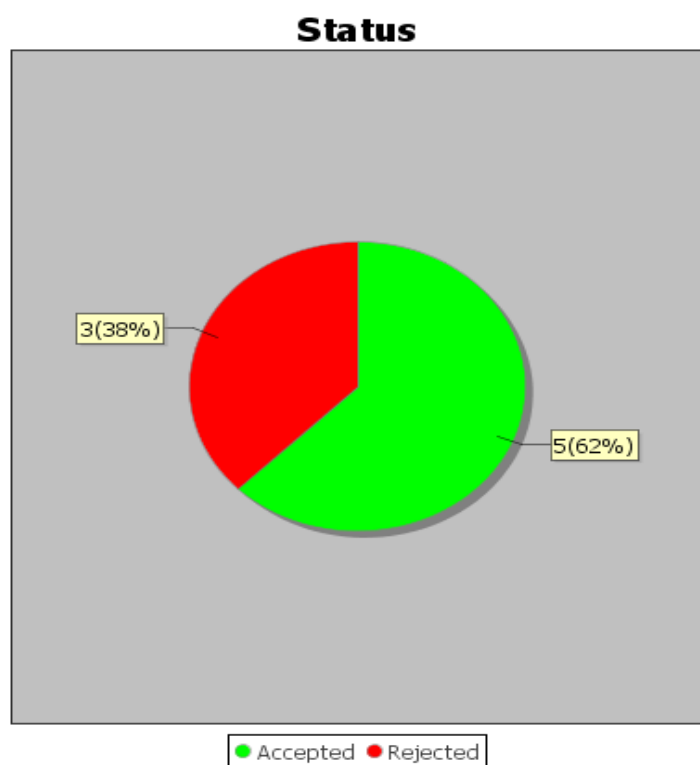
Fonte: Produzido pelos autores (2025).

Após a leitura completa dos oito artigos pré-selecionados, foi realizada uma avaliação detalhada de seus conteúdos. Três deles foram excluídos por não estarem alinhados ao escopo da pesquisa, seja por tratarem de chatbots em contextos não educacionais ou por abordarem

conteúdos matemáticos diferentes do foco do estudo. Assim, o corpus final da revisão sistemática foi composto por cinco artigos que atenderam plenamente aos critérios metodológicos definidos.

A Figura 2 apresenta o status final de seleção após a leitura completa, demonstrando visualmente o processo de refinamento que culminou na seleção dos estudos mais relevantes para a pesquisa. Esse resultado reflete o rigor aplicado em todas as etapas da Revisão Sistemática da Literatura, garantindo a qualidade e pertinência dos trabalhos incluídos na análise final.

Figura 2 - Status de seleção final dos artigos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A etapa final da revisão sistemática consistiu na sumarização e organização dos achados por meio da construção de um quadro analítico. Este instrumento metodológico foi elaborado para sistematizar as principais características dos estudos selecionados, contendo os seguintes elementos: ano de publicação, autoria, título do trabalho, tipo de estudo desenvolvido, contribuições principais para a área, técnicas metodológicas empregadas e limitações identificadas.

O Quadro 1 apresenta de forma estruturada os cinco artigos que compuseram o corpus final da revisão após o rigoroso processo de seleção, oferecendo uma visão sintética, porém

abrangente, das evidências científicas encontradas sobre a aplicação de chatbots e inteligência artificial generativa no ensino de frações matemáticas.

Tabela 1 - Pesquisas e trabalhos selecionados após aplicação da RSL.

Autor(es) e Ano	Título	Tipo de Estudo	Contribuições	Técnicas / Tecnologias	Limitações
Cheng et al. (2024)	<i>Facilitating student learning with a chatbot in an online math learning platform</i>	Estudo experimental	Investiga a influência do uso de chatbot no aprendizado de matemática.	Plataforma online de matemática; chatbots	Indica a necessidade de estudos futuros.
Song et al. (2024)	<i>Students' perceived roles, opportunities, and challenges of a generative AI-powered Teachable Agent</i>	Estudo experimental com grupo focal	Avalia os benefícios e desafios de agentes de ensino com IA generativa.	Observação; entrevistas; uso de agente educativo com GenAI	Não descreve como a IA educacional foi desenvolvida.
Gattupalli et al. (2023)	<i>Exploring pre-service teachers' perceptions of large language models-generated hints in online mathematics learning</i>	Revisão bibliográfica	Aponta a valorização de orientações passo a passo e instruções claras.	Observação; entrevista; aplicação de LLMs em tutoria	Ausência de detalhes sobre o desenvolvimento do sistema de tutoria inteligente.
Khachatryan et al. (s/d)	<i>Reasoning Mind Genie 2: An intelligent tutoring system as a vehicle for international transfer of instructional methods in mathematics</i>	Estudo comparativo em escolas de Moscou	Discute a importância da visão crítica dos professores no uso da IA.	Sistema de tutoria Genie 2; estudo orientado	Não informa como foi desenvolvido o sistema Genie 2.
Smith et al. (2024)	<i>Apprentice tutor builder: A platform for users to create and personalize intelligent tutors</i>	Relato de experiência	Relata o uso da IA em sistemas personalizados de tutoria inteligente.	Sistema de tutoria inteligente com IA generativa	Não há descrição do desenvolvimento do sistema, apenas o feedback de usuários.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise sistemática dos cinco estudos selecionados, sintetizados no Quadro 1, permitiu identificar avanços significativos e desafios persistentes na aplicação de chatbots e inteligência artificial generativa no ensino de matemática, com ênfase especial no aprendizado de frações. Os achados demonstram consenso quanto ao potencial dessas tecnologias para personalizar o processo de aprendizagem e oferecer feedback imediato aos estudantes, conforme evidenciado nos trabalhos de Cheng et al. (2024) e Smith et al. (2024). Contudo, a revisão revelou lacunas importantes, particularmente no que diz respeito à transparência no desenvolvimento dos sistemas de IA (Song et al., 2024; Khachatryan et al., s/d) e à carência de estudos longitudinais que avaliem impactos sustentáveis.

Além disso, a predominância de pesquisas em ambientes específicos e controlados limita a generalização dos achados para contextos educacionais mais amplos. Essas limitações, somadas à escassez de detalhes sobre a implementação prática das tecnologias (Gattupalli et al., 2023), sugerem caminhos importantes para investigações mais detalhadas.

Sendo assim, a seleção dos estudos apresentados pela RSL fornecem uma base sólida para compreender, identificar e consolidar o uso responsável e eficaz de IA generativa na educação matemática e assim, dar suporte teórico e metodológico para construção de um assistente virtual a partir do estudo dirigido na resolução de problemas matemáticos com frações.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Este relato de experiência resulta do projeto de Iniciação Científica desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba Parque Tecnológico, sob a orientação da Professora Doutora Paula Teixeira Nakamoto, com a colaboração do doutorando Ricael Spirandeli Rocha, responsável pela elaboração do desenho metodológico e pela contribuição crítica no processo de construção do agente conversacional.

A proposta emergiu diante de um cenário educacional marcado pelo uso crescente de inteligências artificiais generativas baseadas em texto no cotidiano dos estudantes. Embora essas tecnologias apresentem vantagens significativas como a capacidade de simplificar conteúdos complexos e personalizar explicações (ABIDIN et al, 2024). Também impõem riscos, ao estimular a dependência de respostas prontas e, conseqüentemente, comprometer o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual.

Diante desse desafio, identificou-se a necessidade de desenvolver uma solução que aproveitasse o potencial da IA sem abrir mão do protagonismo discente. A proposta, portanto, deveria conciliar inovação tecnológica e intencionalidade pedagógica, de modo a transformar o agente conversacional em um recurso de apoio ao processo formativo, e não em um substituto da reflexão crítica. Essa perspectiva constituiu o ponto de partida para a elaboração do protótipo de *chatbot* educacional apresentado na etapa seguinte.

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

A proposta inicial foi desenvolver um chatbot educacional capaz de receber atividades e, em vez de fornecer respostas diretas, conduzir o estudante por um estudo guiado. A ideia central era estimular a compreensão dos conceitos, a aplicação de fórmulas e o desenvolvimento do raciocínio até que o próprio aluno chegasse ao resultado. O foco inicial do projeto foi o ensino de frações, por ser um conteúdo comumente associado a dificuldades de aprendizagem.

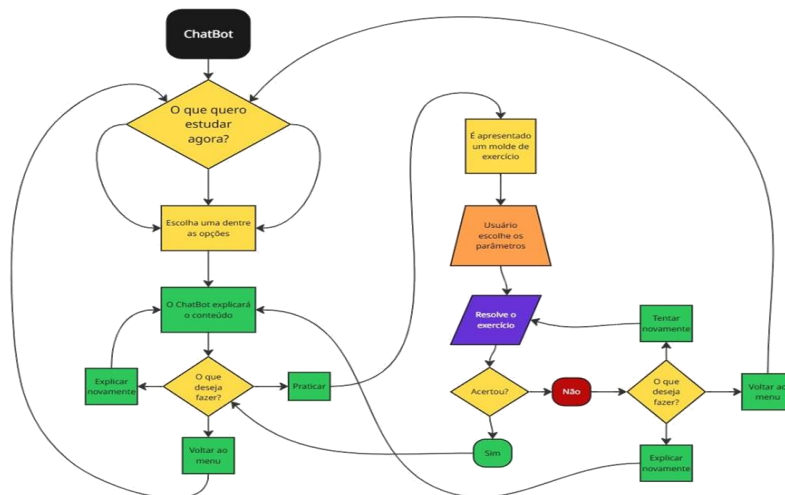
O funcionamento do chatbot foi estruturado para valorizar a tentativa do estudante: as respostas finais só são apresentadas após um esforço inicial. Quando o aluno erra, o sistema oferece dicas progressivas, incentivando novas tentativas e promovendo persistência no processo de aprendizagem.

Na fase inicial, foi utilizada a plataforma Typebot, escolhida por ser uma solução low-code, gratuita e de fácil uso, o que a torna adequada para contextos educacionais com poucos recursos. No entanto, com o avanço do projeto, surgiram limitações relacionadas à escalabilidade e à complexidade dos fluxos de interação.

Diante disso, foi testada uma abordagem mais robusta com React no front-end e NestJS no back-end. Apesar de oferecer maior flexibilidade e controle, essa solução se mostrou pouco prática para prototipagem rápida, exigindo muito tempo de desenvolvimento para gerar exemplos utilizáveis em sala de aula.

Assim, optou-se por retomar o uso do Typebot, agora com foco na validação pedagógica do chatbot. A partir de discussões em grupo, foi elaborado um fluxo lógico de funcionamento, semelhante a um fluxograma, que organiza as etapas de interação, define condições de navegação e estrutura as respostas. Isso tornou a implementação mais objetiva e melhorou a fluidez da experiência do usuário.

Figura 3 - Fluxo lógico do chatbot.

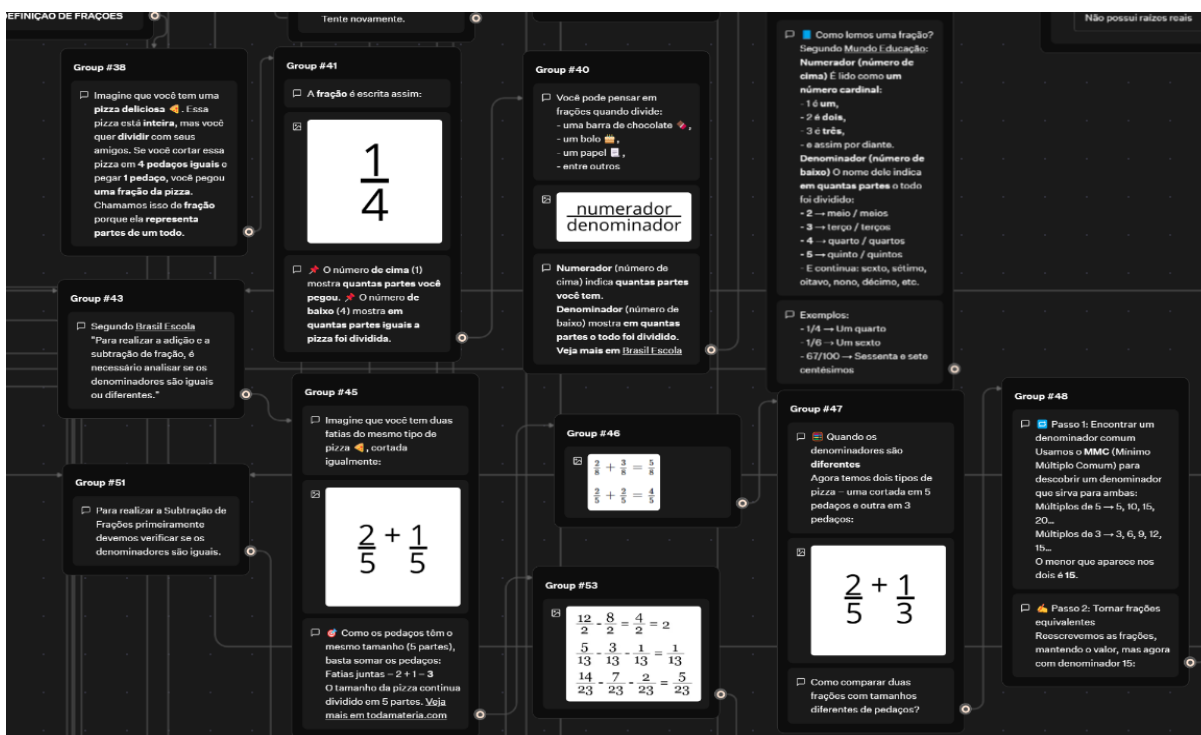


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O resultado foi um protótipo capaz de simular um estudo dirigido, no qual o estudante interagia com o conteúdo em etapas, recebia *feedback* imediato e era incentivado a refletir sobre seus erros e acertos. Essa versão inicial possibilitou os primeiros testes em ambiente escolar, aproximando a proposta da realidade do público-alvo. A Figura 4 destaca o fluxo criado na ferramenta Typebot.

11

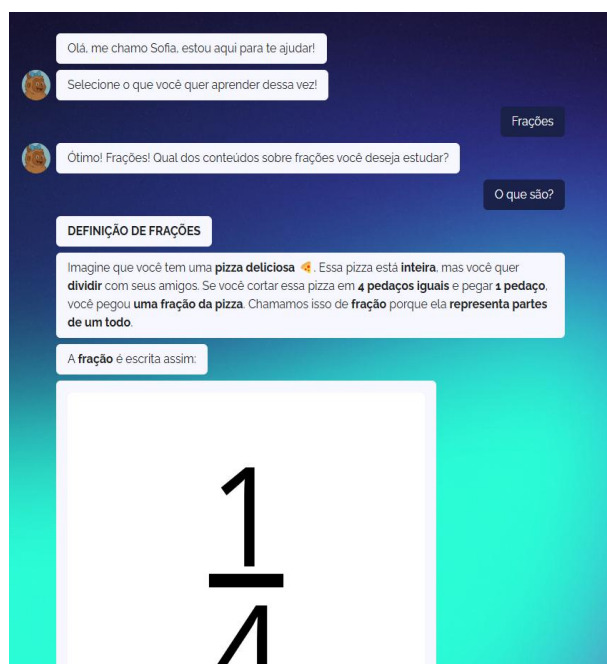
Figura 4 - Fluxo lógico do chatbot utilizando a ferramenta Typebot.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por fim, o *chatbot* foi finalizado em um protótipo funcional voltado ao usuário final, capaz de conduzir diálogos pedagógicos estruturados. A versão construída oferece ao estudante a possibilidade de interagir com o conteúdo de forma lúdica e acessível, utilizando metáforas simples, como a pizza para explicar frações, a fim de facilitar a compreensão de conceitos matemáticos abstratos. Essa entrega marca a conclusão da fase de experimentação e validação inicial, garantindo que o sistema pudesse ser efetivamente testado em contextos educacionais reais. A Figura 5 destaca o *chatbot* para usuário final.

Figura 5 - Interface do chatbot em funcionamento



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A prototipagem com o Typebot demonstrou ser uma alternativa eficaz para aproximar o projeto da prática escolar, permitindo ajustes rápidos e validação inicial. Mais do que uma ferramenta tecnológica, o chatbot configurou-se como um espaço de autoria, experimentação e mediação pedagógica. Essa experiência reforçou a importância de manter o foco no estudante como protagonista do processo, estimulando autonomia, persistência e pensamento crítico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa experimental desta pesquisa teve como objetivo analisar a usabilidade, a clareza conceitual e o potencial pedagógico do chatbot educacional voltado ao ensino de frações,

desenvolvido na plataforma Typebot. Para tanto, foi elaborado um formulário online de avaliação, contendo questões fechadas em escala Likert (de 1 a 5) e perguntas abertas voltadas à percepção qualitativa dos participantes.

O instrumento foi encaminhado a sete professores licenciados em Matemática, com experiência no ensino fundamental e médio, atuantes em escolas públicas. Do total de convites enviados, cinco docentes retornaram o questionário dentro do prazo estipulado, o que representa uma taxa de resposta de aproximadamente 71%.

Embora a amostra seja reduzida, sua composição foi intencional e qualificada, garantindo diversidade de perspectivas docentes e pertinência do julgamento pedagógico. Os dados coletados foram analisados de forma quantitativa e qualitativa, buscando integrar as percepções objetivas dos avaliadores às interpretações teóricas fundamentadas na literatura contemporânea sobre Inteligência Artificial (IA) e mediação pedagógica.

USABILIDADE E POTENCIAL PEDAGÓGICO

Os resultados da aplicação do questionário indicaram satisfação plena dos avaliadores com o uso do chatbot App de Frações (Versão Beta). Todos os indicadores técnicos e pedagógicos receberam a pontuação máxima (Tabela 1), com média igual a 5,0 e desvio-padrão nulo (0,0), o que evidencia consenso total quanto à eficiência, clareza e aplicabilidade da ferramenta.

13

Tabela 1 – Resultados da avaliação quantitativa (escala 1 a 5)

Indicador Avaliado	Média	Desvio Padrão
Facilidade de navegação	5,0	0,0
Clareza das instruções	5,0	0,0
Design visual (cores, ícones, organização)	5,0	0,0
Clareza conceitual na explicação das frações	5,0	0,0
Possibilidade de progressão dos exercícios	5,0	0,0
Feedback (correção, dicas) e interatividade	5,0	0,0
Estímulo à autonomia do aluno	5,0	0,0

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A uniformidade das avaliações sugere que o protótipo atendeu plenamente aos critérios de usabilidade, coerência conceitual e relevância pedagógica. Tal desempenho confirma a

eficácia do modelo de tutoria interativa proposto, no qual a IA generativa orienta o estudante por meio de perguntas e dicas graduais, evitando a entrega de respostas prontas, abordagem pedagógica defendida por Sok e Heng (2023) e Chi e Wylie (2014), que reforçam a importância do feedback formativo na construção da aprendizagem ativa.

Do ponto de vista tecnológico, a adoção do Typebot mostrou-se eficaz para o contexto educacional, conciliando simplicidade de implementação e fluidez interativa. Esse resultado está alinhado ao que Brant (2024) denominam “ecossistema low-code de aprendizagem digital”, no qual a facilidade de uso amplia o potencial de integração pedagógica das tecnologias emergentes.

Além disso, o alto desempenho nos itens de clareza conceitual e feedback interativo reforça as constatações teóricas de Luckin (2018) e Mollick e Mollick (2023), segundo as quais a IA, quando usada de forma mediada e orientada, pode oferecer suporte imediato à construção do conhecimento matemático, sem suprimir o papel reflexivo do estudante.

Ao que tange a análise qualitativa das respostas abertas evidenciou percepções amplamente positivas sobre o potencial do chatbot no ensino de frações. As manifestações convergiram em torno de três eixos principais: (a) clareza conceitual e linguagem acessível, (b) estímulo à autonomia e ao reforço da aprendizagem e (c) oportunidades de aprimoramento e expansão funcional.

Quadro 2 – Síntese das percepções qualitativas dos avaliadores

Categoria Temática	Evidências Textuais dos Avaliadores	Interpretação Analítica
Clareza conceitual e linguagem acessível	“Clareza nas informações, explicações claras e diretas”; “Dinâmico e claro”; “Fácil compreensão”	Os avaliadores reconheceram a adequação da linguagem didática e a pertinência da estrutura interativa do chatbot, que traduz conceitos abstratos em exemplos concretos e visuais, como o uso de pizzas e receitas. Tal aspecto está em consonância com Joubert e Wickens (2022), que destacam o papel das representações linguísticas e visuais na compreensão de conceitos matemáticos.
Estímulo à autonomia e reforço escolar	“Guia rápido de consulta para o aluno, autônomo e fácil”; “Detalhes bem explicados que podem faltar para o aluno em casa”; “Reforça de forma moderna e interessante os conceitos aplicados em sala de aula”	As observações demonstram que o chatbot foi percebido como uma ferramenta de estudo dirigido e autônomo, promovendo a autorregulação do aprendizado — conforme o paradigma da mediação sociocultural de Vygotsky (1978), que enfatiza o papel dos artefatos culturais na ampliação da zona de desenvolvimento proximal.

Oportunidades de aprimoramento	de “Adicionar novas ferramentas para resolver outras operações e manipulações algébricas”; “Incluir frações correspondentes, simplificação e frações irreduzíveis”	As sugestões revelam a disposição dos avaliadores em ver a continuidade do projeto e ampliam o escopo pedagógico, indicando a necessidade de evolução incremental do sistema. Essa postura de coautoria docente reforça o caráter participativo e iterativo do design instrucional preconizado por Mollick e Mollick (2023).
--------------------------------	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O texto destaca que houve unanimidade entre os avaliadores na recomendação do uso do chatbot em sala de aula, indicando sua coerência metodológica, relevância pedagógica e aplicabilidade tanto no ensino presencial quanto no estudo autônomo. De modo geral, os professores perceberam que a ferramenta favorece a aprendizagem ativa, conduzindo o estudante à construção gradual do conhecimento.

A análise conjunta de dados quantitativos e qualitativos mostra que o chatbot atua como mediador cognitivo e metacognitivo, ao evitar respostas prontas e oferecer feedbacks progressivos. Esse funcionamento se aproxima do modelo de tutoria guiada, reconhecido como eficaz para o desenvolvimento da compreensão matemática. Além disso, a estrutura baseada em IA generativa funciona como um suporte (scaffolding), ajustando o nível de dificuldade conforme o progresso do aluno, sem substituir o professor, mas ampliando sua capacidade de acompanhamento.

Os avaliadores também destacaram a clareza e acessibilidade do sistema, reforçando seu potencial de democratizar o acesso ao conhecimento. No contexto da matemática — frequentemente associada a dificuldades e ansiedade — o chatbot surge como uma alternativa inovadora, capaz de aumentar o engajamento, a persistência e o interesse dos estudantes.

Apesar disso, foram identificadas limitações, como a ausência de personalização adaptativa e o foco restrito ao conteúdo de frações. Isso indica a necessidade de expandir os conteúdos e incorporar recursos mais avançados, como monitoramento individualizado da aprendizagem.

De forma geral, os resultados confirmam o potencial do chatbot no ensino de matemática, mostrando que a IA generativa pode ser uma ferramenta eficaz quando aliada a fundamentos pedagógicos sólidos. O chatbot deve ser entendido como uma extensão da prática docente, promovendo interatividade, reflexão e protagonismo do aluno. Por fim, o texto sugere

ampliar o uso da ferramenta, incluir novas funcionalidades e realizar estudos mais longos para avaliar seu impacto no desempenho e na aprendizagem.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS

O texto reconhece que, embora os resultados indiquem a eficácia e o potencial pedagógico do chatbot, existem limitações relevantes. A principal delas é o tamanho reduzido da amostra, com apenas cinco respostas válidas de sete docentes convidados, o que restringe a possibilidade de generalizar os achados, ainda que forneça uma visão qualitativa inicial importante sobre a percepção dos professores. Além disso, a coleta de dados ocorreu durante uma fase beta do sistema, o que significa que funcionalidades mais avançadas — como personalização adaptativa, análise automática de desempenho e integração com ambientes virtuais de aprendizagem — ainda não estavam disponíveis.

Outra limitação importante é a ausência de testes longitudinais com estudantes, o que impede avaliar de forma mais concreta o impacto do chatbot na aprendizagem, na retenção de conceitos e na superação de dificuldades em matemática. Por isso, o texto sugere que pesquisas futuras adotem uma abordagem mais abrangente, com a combinação de dados quantitativos e qualitativos, incluindo observações em sala de aula, avaliações de desempenho e entrevistas com alunos e professores.

16

Como perspectivas de continuidade, propõe-se a expansão do chatbot para outros conteúdos matemáticos, como proporções, números decimais e equações, além da integração com inteligência artificial generativa para oferecer respostas mais contextualizadas. Também é destacado o potencial da ferramenta como apoio à formação docente, auxiliando no planejamento de aulas e na criação de atividades personalizadas.

Por fim, o texto enfatiza que a contribuição da pesquisa vai além do uso específico da tecnologia, promovendo uma reflexão mais ampla sobre o papel da inteligência artificial na educação, especialmente no sentido de tornar o ensino de matemática mais engajador, autônomo e centrado no desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como propósito desenvolver e avaliar um chatbot educacional voltado à resolução de problemas com frações, integrando o uso de Inteligência Artificial generativa a princípios pedagógicos como mediação e aprendizagem significativa. A iniciativa surgiu da

necessidade de criar ferramentas que promovam maior autonomia, interatividade e clareza no ensino de matemática, área frequentemente marcada por dificuldades de compreensão e baixo engajamento.

Os resultados, obtidos por meio de um formulário aplicado a professores de Matemática, indicaram níveis máximos de satisfação, com média 5,0 em todos os critérios avaliados, como clareza, usabilidade e relevância pedagógica. A análise qualitativa reforçou esses dados, destacando que o chatbot favorece a compreensão conceitual, estimula a autonomia do estudante e possui potencial tanto para uso em sala de aula quanto no estudo autônomo, inclusive em contextos híbridos ou a distância.

O chatbot mostrou potencial como ferramenta para reforçar o aprendizado de Matemática, graças à sua interface acessível e ao uso de recursos de Inteligência Artificial. Os resultados indicam benefícios para o engajamento dos estudantes e para a aplicação de soluções low-code na Educação Matemática. Contudo, a pesquisa ainda possui limitações, como o estágio inicial de desenvolvimento e o número reduzido de participantes. Como trabalhos futuros, sugerem-se estudos com mais usuários, funcionalidades adaptativas e avaliações de longo prazo. Em síntese, o estudo destaca que a IA deve ser utilizada com base em princípios pedagógicos sólidos, e que o chatbot representa uma contribuição relevante para a construção significativa do conhecimento matemático.

REFERÊNCIAS

ABIDIN, Izhar Hafifi Zainal et al. A practical guide to improve trustworthiness of qualitative research for novices. **Asian Journal of Research in Education and Social Sciences**, v. 6, n. S1, p. 8-15, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Izhar-Zainal-Abidin/publication/383434017_A_Practical_Guide_to_Improve_Trustworthiness_of_Qualitative_Research_for_Novices/links/66cdco87daf28b7daf3fd715/A-Practical-Guide-to-Improve-Trustworthiness-of-Qualitative-Research-for-Novices.pdf. Acesso em: 16 out. 2025.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BRANSFORD, John D. et al. **How people learn**. Washington, DC: National academy press, 2000.

BRANT, Christopher. **Lightweight Dynamic Information Flow Tracking (DIFT) for IoT and Embedded Device Security**. University of Florida, 2024. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/5a314e690aeba148c3cbab5ca336c365/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>. Acesso em: 16 out. 2025.

CHENG, Li et al. Facilitating student learning with a chatbot in an online math learning platform. **Journal of Educational Computing Research**, v. 62, n. 4, p. 687-717, 2024. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/07356331241226592>. Acesso em: 16 out. 2025.

CHI, Michelene TH; WYLIE, Ruth. The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. **Educational psychologist**, v. 49, n. 4, p. 219-243, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00461520.2014.965823>. Acesso em: 16 out. 2025.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Relatório sobre o Futuro dos Empregos 2023: Espere-se que até um quarto dos empregos mude nos próximos cinco anos**. Genebra: Fórum Econômico Mundial, 2023. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023_News_Release_Pt_BR.pdf. Acesso em: 16 out. 2025.

GATTUPALLI, Sai Satish et al. **Exploring Pre-Service Teachers' Perceptions of Large Language Models-Generated Hints in Online Mathematics Learning**. In: LLM@ AIED. 2023. p. 151-162. Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-3487/paper10.pdf>. Acesso em: 16 out. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

KHACHATRYAN, George A. et al. Reasoning Mind Genie 2: An intelligent tutoring system as a vehicle for international transfer of instructional methods in mathematics. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 24, n. 3, p. 333-382, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-014-0019-7>. Acesso em: 16 out. 2025.

KITCHENHAM, Barbara et al. Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study. **Information and software technology**, v. 52, n. 8, p. 792-805, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584910000467>. Acesso em: 16 out. 2025.

LUCKIN, Rosemary. **Machine Learning and Human Intelligence**. The future of education for the 21st century. UCL institute of education press, 2018.

MOLLICK, Ethan; MOLLICK, Lilach. **Assigning AI**: Seven approaches for students, with prompts. arXiv preprint arXiv:2306.10052, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2306.10052>. Acesso em: 16 out. 2025.

NATIONAL MATHEMATICS ADVISORY PANEL. **Foundations for success: the final report of the National Mathematics Advisory Panel**. Washington, DC: U.S. Department of Education, 2008. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED500486.pdf>. Acesso em: 16 out. 2025.

PELOSIN, Elisa et al. Motor-cognitive treadmill training with virtual reality in Parkinson's Disease: the Effect of Training Duration. **Frontiers in aging neuroscience**, v. 13, p. 753381, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2021.753381/full>. Acesso em: 16 out. 2025.

RITTLE-JOHNSON, Bethany; SCHNEIDER, Michael; STAR, Jon R. Not a one-way street: Bidirectional relations between procedural and conceptual knowledge of mathematics. **Educational Psychology Review**, v. 27, n. 4, p. 587-597, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-015-9302-x>. Acesso em: 16 out. 2025.

SMITH, Glen; GUPTA, Adit; MACLELLAN, Christopher. **Apprentice tutor builder**: A platform for users to create and personalize intelligent tutors. arXiv preprint arXiv:2404.07883, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2404.07883>. Acesso em: 16 out. 2025.

SOK, Sarin; HENG, Kimkong. ChatGPT for education and research: A review of benefits and risks. **Cambodian Journal of Educational Research**, v. 3, n. 1, p. 110-121-110-121, 2023. Disponível em: <http://cjerjournal.com/index.php/cjer/article/view/108>. Acesso em: 16 out. 2025.

SONG, Yukyeong et al. Students' perceived roles, opportunities, and challenges of a generative AI-powered teachable agent: a case of middle school math class. **Journal of Research on Technology in Education**, p. 1-19, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15391523.2024.2447727>. Acesso em: 16 out. 2025.

SOUZA, Letícia Capelão de; CANALLI, Hugo Leonardo. **Relatório de Revisão Sistemática da Literatura (SLR) Educação a Distância**: Educação a distância, design e tecnologias assistivas para surdos – Um panorama de 2007 a 2013. 2014. 139 p. Relatório (Faculdade de Letras). Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <http://www.leticiaapelao.com/arquivos/academico/outras/CAPELAO-et-al-2014-Relatorio-SLR-EAD-Design-TA-Surdos.pdf>. Acesso em: 03 out. 2025.

VYGOTSKY, Lev S. Mind in society: **The development of higher psychological processes**. Harvard university press.