

Cuaderno

Activa

• REVISTA CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA •



Cuaderno

Activa

• REVISTA CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA •

ISSN: 2027-8101

e-ISSN: 2619-5232

Edición Especial LACLO 2025,

Enero-Diciembre de 2025

Periodicidad Anual

Leonardo García Botero

Rector

Fabio Alberto Vargas Agudelo

Vicerrector Académico (e)

Fabio Alberto Vargas Agudelo

Director de Investigación

Andrés Felipe Montoya Rendón

Decano Facultad de Ingeniería

DIRECCIÓN EDITORIAL

Darío Enrique Soto Durán

Juan David Umaña Gallego

Equipo Editorial

Antonio Silva Sprock

Editor invitado

COMITÉ EDITORIAL

Adela Tatiana Rodríguez Chaparro, Ph.D. en Ingeniería Hidráulica y Saneamiento. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Alicia Martínez Rebollar, Ph.D. en Informática, Ph.D. en Investigación en Informática y Telecomunicaciones. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), México.

Antonio Silva Sprock, Ph.D. en Management Science. Universidad Central de Venezuela, Venezuela.

Carlos Mario Zapata Jaramillo, Ph.D. en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Diana María Montoya Quintero, Ph.D. en Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Diego Mauricio Murillo Gómez, Ph.D. en Sonido y Vibraciones. Universidad de San Buenaventura, Colombia.

Fredy Edimer Hoyos Velasco, Ph.D. en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Gerard Olivar Tost, Ph.D. en Matemática Aplicada. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Gonzalo Llano Ramírez, Ph.D. en Telecomunicaciones. Universidad ICESI, Colombia.

Jorge Alberto Villalobos Salcedo, Ph.D. en Informática. Universidad de los Andes, Colombia.

María Cristina Peñuela Mora, M.Sc. Forest Resources Management. State University of New York, United States.

Paola Andrea Noreña Cardona, Ph.D. en Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Paola Verónica Britos, Ph.D. en Ciencias Informáticas. Universidad de Río Negro, Argentina.

COMITÉ CIENTÍFICO/ARBITRAL

Julio Ponce
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Regina Motz
Universidad de la República, Uruguay

Claudia Pons
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Ismar Silveira
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil

Luís Mercado
Universidade Federal de Alagoas, Brasil

Maria Clara Gómez Álvarez
Universidad Nacional, Colombia

Marcio Bigolin
Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Sofia Rasnik
Universidad Tecnológica, Uruguay

Catalina Ospina Hernández
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

Cecilia Flores
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Brasil

Alcides Barboza Jr.
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil

Johnathan Calle
Universidad de Medellín, Colombia

Alberto Piedrahita
Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

Julián Moreno
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Yosly Hernández
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

INSTITUCIÓN EDITORA

Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria.
Facultad de Ingeniería.
Calle 78B No. 72A – 220. Medellín - Colombia, Suramérica.
Teléfono: (604) 454 70 38

CORRECCIÓN DE ESTILO, DISEÑO, DIAGRAMACIÓN, ILUSTRACIÓN E IMPRESIÓN

Papeles Pa' Ya
Carrera 69k # 71-23 (oficina 302), Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 317 435 8309
E-mail: papeles.paya.sas@gmail.com
Corrección de estilo: Paola Ladino · Papeles Pa' Ya.
Diseño y diagramación: Jeniffer Acosta Gutiérrez · Papeles Pa' Ya.
Ilustración de portada: David Osorio Díaz · Papeles Pa' Ya.

Los artículos publicados incorporan contenidos derivados de procesos de investigación, revisión y reflexión académica, que cumplen una función social, sin embargo, no representan los criterios institucionales del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Los contenidos son responsabilidad exclusiva de los autores, y cualquier observación o cuestionamiento sobre la originalidad de los textos puede ser notificada al correo cuadernoactiva@tdea.edu.co y a los autores. El Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria autoriza la reproducción parcial de los textos con fines exclusivamente académicos, dando estricto cumplimiento a las normas de referenciación bibliográfica en favor de los autores y de las instituciones editoras. Cualquier uso diferente requerirá autorización escrita del director, y su omisión inducirá a las acciones legales dispuestas por las leyes internacionales sobre la propiedad intelectual y los derechos de autor.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

SITIO WEB

<http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva>

CORREO

cuadernoactiva@tdea.edu.co

Contenido

Presentación <i>Presentation</i>	7
Editorial	9
Educación e Regulação da Inteligência Artificial nas Universidades Públicas Brasileiras <i>Education and Regulation of Artificial Intelligence in Brazilian Public Universities</i> Gabrielly R. Pires, Francielli Moro, Luciana B. Frigo	11
Uso da Ferramenta PlantUML no ensino de UML em Engenharia de Software: um estudo sobre adoção de ferramentas de modelagem baseadas em script <i>Use of the PlantUML Tool in Teaching UML in Software Engineering: a Study on the Adoption of Script-Based Modeling Tools</i> Luiz Carlos Machi Lozano, Fabio Kawaoka Takase, Fabio Silva Lopes	25
Simulación CNC con realidad aumentada como estrategia de aprendizaje inmersivo para la industria 4.0 <i>CNC Simulation with Augmented Reality as an Immersive Learning Strategy for Industry 4.0</i> Nicolás López Sánchez, Lina Mariana Pinzón Pinzón	39
Realidade Virtual para a Empatia no Design Thinking: Uma Proposta para o Ensino de Graduação <i>Virtual Reality for Empathy in Design Thinking: A Proposal for Undergraduate Education</i> Lucas Artacho, Romero Tori	51
Compreendendo o Uso da Inteligência Artificial Generativa por Professores da Educação Básica no Brasil <i>Understanding the Use of Generative Artificial Intelligence by Basic Education Teachers in Brazil</i> Paulo César Polastri, Flávia Linhalis, Julio Cesar dos Reis	57

SocialQuizzles: Gamificando a Resolução Colaborativa de Quizzes Online
SocialQuizzles: Gamifying Collaborative Online Quiz Solving

Gabriel Mazzeu, Paula Viriato, Eryck Silva, Julio Cesar dos Reis

71

Evaluación de la equidad en equipos ágiles utilizando análisis multimodal: un estudio exploratorio

Assessing Equity in Agile Teams Using Multimodal Analytics: An Exploratory Study

Carlos Escobedo, Diego Miranda, Dayana Palma, René Noel, Adrián Fernández, Roberto Muñoz

83

Datos a la Mano: modelo conceptual de datos inclusivo en escuelas con infraestructura tecnológica limitada

Data at Hand: Inclusive Conceptual Data Modeling in Schools with Limited Technological Infrastructure

Marcos Noriyuki Miyata, Leticia Lopes Leite

95



Presentación

Cuaderno Activa es una revista científica de acceso abierto, es editada desde el 2011 por la Facultad de Ingeniería del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. *Cuaderno Activa* publica con periodicidad anual artículos del campo de la Ingeniería, la Ciencia y la Tecnología cumpliendo con las políticas editoriales de alta calidad para revistas científicas. El objetivo de la revista es difundir el conocimiento científico y tecnológico resultado de investigaciones originales y relevantes sobre nuevos conocimientos en ingeniería, reflejado a través de productos de investigaciones científicas que buscan contribuir al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.

Objetivos

- Brindar un espacio académico, investigativo y científico en las áreas de Ingeniería.
- Publicar resultados originales de investigación científica y tecnológica.
- Tener calidad editorial en la producción de la revista.
- Ser una fuente de difusión y discusión para la comunidad científica.

Política editorial

Para garantizar la calidad de las publicaciones, *Cuaderno Activa* dispone de dos comités que permiten dar cumplimiento a los procesos editoriales de la revista en compañía de un director editorial, el cual debe ser un docente-investigador que lidere el proceso editorial y la periodicidad de la revista. El Comité Editorial define los criterios con que se rige la revista y está conformado por pares académicos nacionales e internacionales. El Comité Científico/Arbitral verifica la pertinencia de los artículos y está integrado por miembros internacionales ajenos al proceso editorial. Además, el Comité Científico/Arbitral valora rigurosamente el contenido de los escritos que envían los autores y está compuesto por evaluadores internos y externos a la institución editora, expertos en el área. (Los miembros de los comités podrán ser árbitros o autores, siempre y cuando no participen en ambos roles en el mismo número de la edición).

Política de acceso abierto

Esta revista se inscribe en la política de libre acceso a la información que ella contiene. La revista *Cuaderno Activa* puede ser consultada en la plataforma de gestión de revistas académicas y científicas del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria: <http://ojs.tdea.edu.co>. La revista *Cuaderno Activa* se encuentra incluida en:

Repositorio digital:  

Índices de revistas:  



Presentation

Cuaderno Activa is a scientific journal with an Open Access character, it has been published since 2011 by the Faculty of Engineering of Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. *Cuaderno Activa* publishes articles in the field of Engineering, science and technology on an annual basis, complying with high quality editorial policies for scientific journals. The aim of this journal is to disseminate scientific and technological knowledge resulting from original and relevant research on new engineering knowledge, reflected through scientific research products that seek to contribute to the development of Science and Technology.

Objectives

- To provide an academic, research and scientific space in the field of Engineering.
- To publish original results of scientific and technological research.
- To issue a journal with editorial quality.
- To be a source of dissemination and discussion for scientific community.

Editorial policy

Cuaderno Activa has two committees that allow to achieve the journal editorial process in order to guarantee the quality of publications. The committees work together with an editorial director, which must be a teacher-researcher who leads the editorial process and the periodicity of the journal. The Editorial Committee defines the criteria used by the journal and is made up of national and international academic peers. The Scientific/Arbitration Committee verifies the relevance of the articles and rigorously assesses the content of the writings submitted by the authors. The Scientific / Arbitration Committee is made up of international members who are not part of the editorial process. Besides, it is composed by internal evaluators and external of the publishing institution, experts in the area. (Committee members may be judges or authors, as long as they do not participate in both roles in the same issue.)

Open-access policy

This journal adheres in an open access policy to the information that it contains. The journal *Cuaderno Activa* can be visited on the platform for academic and scientific journals of Tecnológico de Antioquia - University Institution: <http://ojs.tdea.edu.co>. *Cuaderno Activa* journal is included in:

Digital repository:  

Indexes of journals:  

Editorial

Edición Especial Revista Cuaderno Activa

LACLO 2025

La educación ostenta desafíos de gran relevancia en un mundo donde la tecnología permea cada detalle del ser humano. Retos significativos que transitan por todos los niveles académicos y ponen a prueba no solo a estudiantes, sino a los docentes que deben avanzar con la revolución digital para que sus enseñanzas lleguen al alumnado.

Estamos frente a una era que requiere competencias digitales y adaptabilidad a entornos tecnológicos, capacidades que acompañan a los objetos y tecnologías de aprendizaje en la búsqueda de mejores y novedosas formas de hacer visible el conocimiento a niños, jóvenes y adultos.

La Revista Cuaderno Activa en su edición especial, se incorpora a la XX Conferencia Latinoamericana de Tecnologías de Aprendizaje LACLO 2025, con el fin de exponer diferentes alternativas creadas por profesores de Venezuela, Brasil, Chile y Colombia para aprovechar la integración de los objetos y tecnologías de aprendizaje en procesos académicos que permitan su acceso y uso efectivo en la comunidad educativa.

En esta edición especial abordamos temas como los modelos de formación docente para la educación digital; la regulación y uso de la Inteligencia Artificial (IA) en las universidades; el manejo de la herramienta PlantUML para modelar e implementar proyectos y la simulación a través de la realidad aumentada como estrategia de aprendizaje inmersivo. Igualmente, se tratan otras temáticas enfocadas en: propuestas de formación universitaria con ayuda de la Realidad Virtual; la IA como herramienta para las prácticas pedagógicas de los docentes en educación primaria y secundaria; la gamificación para solucionar cuestionarios en línea, la evaluación de la equidad mediante análisis multimodal y un modelo conceptual de datos inclusivos en escuelas con tecnología limitada.

La difusión de estos artículos son parte de los esfuerzos que Latinoamérica realiza para mejorar su nivel educativo. A través de estos objetos y tecnologías de aprendizaje, que son la base de una revolución educativa, se pretende cultivar en los estudiantes la semilla que transforme la industria 4.0.

Darío E. Soto Durán
Juan D. Umaña Gallego
Equipo Editorial

Antonio Silva Sprock
Editor Invitado



Imagen solo de referencia.



Educação e Regulação da Inteligência Artificial nas Universidades Públicas Brasileiras

Education and Regulation of Artificial Intelligence in Brazilian Public Universities

Gabrielly R. Pires¹, Francielli Moro², Luciana B. Frigo³

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumo: As universidades desempenham um papel estratégico na formação de profissionais e investigadores. Em primeiro lugar, é necessário compreender o estado atual da regulamentação quanto ao uso de Inteligência Artificial (IA) generativa nas universidades brasileiras. O objetivo é entender se essas instituições estão acompanhando os avanços tecnológicos eticamente, com segurança e de acordo com os princípios legais. Para tanto, foi realizado um estudo documental comparativo, organizado em etapas que permitiram a coleta, organização e análise qualitativa dos dados institucionais. A análise desses documen-

tos permitiu identificar padrões recorrentes, bem como discrepâncias e áreas de convergência em relação aos esforços regulatórios da IA no ensino superior. A principal conclusão deste estudo diz respeito à escassez de diretrizes na maioria das instituições de ensino superior brasileiras. Além disso, um levantamento de documentos relacionados ao uso da IA generativa na academia revela que a alfabetização em inteligência artificial é abordada apenas incipientemente, sugerindo uma falta de priorização do tema.

¹ Autor correspondiente: Gabrielly R. Pires Investigadora voluntaria. Filiación institucional: Universidade Federal de Santa Catarina. País: Brasil, Ciudad: Florianópolis. Correo electrónico: rp.gabriellypires@gmail.com ORCID: 0009-0001-2923-2951

² Autor correspondiente: Francielli Moro Investigadora voluntaria. Filiación institucional: Universidade Federal de Santa Catarina. País: Brasil, Ciudad: Florianópolis. Correo electrónico: franfm.moro@gmail.com ORCID: 0000-0001-8436-7835

³ Autor correspondiente: Luciana B. Frigo. Filiación institucional: Universidade Federal de Santa Catarina, EGC/CTC. País: Brasil, Ciudad: Florianópolis. Correo electrónico luciana.frigo@ufsc.br ORCID: 0000-0002-0156-2959

Palavras-chave: IA na educação; governança de IA na academia; IA regulatória; IA generativa.

Abstract: Universities play a strategic role in the training of professionals and researchers. First, it is necessary to understand the current state of regulation regarding the use of generative Artificial Intelligence (AI) in Brazilian universities. The goal is to understand whether these institutions are keeping up with technological advances ethically, safely, and in accordance with legal principles. To this end, a comparative documentary study was conducted, organized in stages that allowed for the collection, organization, and qualitative analysis of institutional data. The analysis of these documents allowed for the identification of recurring patterns, as well as discrepancies and areas of convergence regarding AI regulatory efforts in higher education. The main conclusion of this study concerns the scarcity of guidelines in most Brazilian higher education institutions. Furthermore, a survey of documents related to the use of generative AI in academia reveals that literacy in artificial intelligence is only addressed incipiently, suggesting a lack of prioritization of the topic.

Keywords: AI in education; AI governance in academia; regulatory AI; generative AI.

I. Introdução

Com o avanço acelerado das ferramentas baseadas na Artificial Generativa (IAGen), tornou-se essencial compreender como as instituições de ensino superior estão se posicionando frente aos desafios e possibilidades impostos por essas ferramentas.

Segundo a UNESCO [1], a IAGen é uma tecnologia capaz de criar conteúdos inéditos automaticamente, a partir de comandos inseridos por usuários em interfaces de conversação. Diferente de mecanismos que apenas organizam dados preexistentes, a IAGen produz textos, imagens, códigos e outras formas de expressão de maneira autônoma, o que amplia significativamente seu impacto no contexto educacional.

Nesse sentido, a UNESCO [2] ressalta que os impactos da inteligência artificial nas sociedades podem ser tanto positivos quanto negativos, e reforça a importância de orientar seu desenvolvimento com base em valores éticos e nos direitos humanos. A formulação de políticas públicas e marcos regulatórios deve, portanto, considerar não apenas o potencial da tecnologia, mas também os riscos associados ao seu uso indiscriminado, especialmente em contextos sensíveis como o educacional.

Como apontam Tavares, Meira e Amaral [3], há um descompasso entre a velocidade das inovações tecnológicas e a capacidade das instituições educacionais de se adaptarem a elas, o que pode comprometer a construção de um ambiente acadêmico seguro, inclusivo e alinhado aos novos tempos.

Neste cenário, a presente pesquisa busca analisar o estágio atual da regulamentação do uso da IAGen nas universidades brasileiras, especialmente no que se refere à produção de normativas institucionais que orientem seu uso ético e responsável. O estudo, que envolve a contribuição de profissionais da área de tecnologia e do direito, também promove uma reflexão crítica sobre os princípios que devem guiar essa adoção, como responsabilidade humana, transparência e proteção de dados, articulando-se com marcos legais relevantes como a Lei Geral de Proteção de Dados [4] e o Projeto de Lei n. 2338/2023 [5], em tramitação no Congresso Nacional (julho/2025). Além disso, pretende-se incentivar o desenvolvimento de políticas públicas e diretrizes internas que favoreçam uma integração segura e consciente dessas tecnologias nos espaços universitários.

Assim, a partir da análise documental comparativa que visa responder às seguintes perguntas:

Qual é o estágio atual da regulamentação do uso da IAGen nas universidades brasileiras?

Quais lacunas e fragilidades podem ser observadas nas abordagens institucionais atuais em relação à regulamentação da IAGen no ensino superior?

A partir dessas questões, buscou-se identificar padrões, boas práticas e ausências significativas que possam orientar o debate sobre políticas públicas e diretrizes institucionais voltadas ao uso responsável da IAGen.

O estudo está estruturado em seis seções. A seção 1 corresponde à introdução, onde o contexto e os objetivos da pesquisa são apresentados. Na seção 2, são discutidos o panorama e as implicações do uso da inteligência artificial na educação. A seção 3 apresenta os trabalhos relacionados que fundamentam o estudo. Na seção 4, é descrita a metodologia empregada na análise comparativa dos dados. A seção 5 apresenta os principais achados da pesquisa e discute os padrões observados. Por fim, a seção 6 traz as considerações finais do estudo, sintetizando as descobertas e apontando possíveis desdobramentos.

II. IA Generativa na Educação

Chan e Hu [6] destacam que os modelos de IAGen utilizam algoritmos avançados para aprender padrões e gerar novos conteúdos, como texto, imagem, sons, vídeos e códigos. Elas lidam com prompts mais complexos e produzem resultados semelhantes aos humanos, sendo aplicadas em diversas áreas, especialmente na educação. No ensino superior, os autores ressaltam o uso da IAGen de texto para aprimorar a experiência de aprendizagem dos alunos, oferecendo respostas, auxiliando na escrita dos alunos, apoiando pesquisas científicas e fornecendo feedback. Já as ferramentas de imagem, servem como recursos valiosos no ensino de conceitos técnicos e artísticos. Apesar disso, é importante estar em alerta quanto às limitações da IAGen e questões relacionadas à ética, plágio e integridade acadêmica.

Currie [7] também analisa o uso de ferramentas como o ChatGPT na educação superior, evidenciando sua aplicação, dentre outras, para:

- Fornecer informações complementares em tempo real.

- Oferecer instrução personalizada e respostas às perguntas dos alunos.
- Ajudar na escrita de textos, com sugestões linguísticas e correções gramaticais.
- Estimular discussões em grupo, propondo tópicos e resumos.
- Fornecer feedbacks imediatos sobre tarefas;
- Criar atividades interativas, como jogos e questionários.
- Disponibilizar estudos de caso aplicados à prática.
- Oferecer orientação profissional.
- Indicar recursos online como vídeos, podcasts e artigos.
- Apoiar a acessibilidade, com alunos tecnologias assistivas como leitores de tela.

O estudo ainda destaca que esses recursos podem ser usados em diversas disciplinas, desde que haja a capacitação adequada dos professores e dos alunos. Saber criar prompts eficazes, interpretar as respostas com senso crítico e utilizar essas ferramentas de forma ética e responsável são desafios educacionais no uso dessas ferramentas.

Chiu [8] reforça que ferramentas generativas como o ChatGPT, Midjourney e GitHub Copilot podem ser usadas para produzir uma aprendizagem mais personalizada, criar ou revisar materiais didáticos, desenvolver códigos para pesquisas e até redigir e-mails, com aplicações em todas as áreas do ensino superior.

Por outro lado, Tlili, Shehata e Adarkwah [9] apontam os problemas apresentados no uso dessas tecnologias em contextos educacionais. Entre eles, estão: uso indevido como trapaça; geração de conteúdo genérico; falta de equidade do conteúdo fornecido; ausência de padrão no nível de dificuldade de materiais; dificuldade na criação de prompts eficazes; a falta de emoção ao interagir com os alunos; dúvida sobre a veracidade de informações fornecidas; e a falta de clareza quanto à privacidade e ao uso dos dados dos usuários.

Com a finalidade de minimizar os problemas apresentados por Tlili, Shehata e Adarkwah [9], destaca-se a importância da literacia em IAGen e no

uso de prompts. De acordo com Moura e Carvalho [10], essa competência envolve tanto a compreensão crítica das ferramentas quanto a habilidade de criar prompts adequados, interpretar os resultados gerados e refinar as entradas para alcançar os resultados esperados. Essa prática é fundamental para o aprendizado com apoio da IAGen, porque permite melhorar a qualidade das respostas e garantir informações mais precisas e confiáveis.

III. Trabalhos Relacionados

Para embasar esta pesquisa e identificar referências teóricas sobre a regulamentação da IAGen no Brasil, foram realizadas buscas nas bases Scopus. Nessa plataforma, utilizaram-se combinações de palavras-chave como “inteligência artificial generativa”, “IA generativa”, “Brasil”, “educação”, “regulação”, “legislação” e “privacidade”, no período de 2023 a 2025, nos idiomas português e inglês. Surpreendentemente, apenas um documento foi encontrado tratando da regulamentação da IAGen no Brasil, e este não possuía relação direta com o contexto educacional. Complementarmente, no Google Scholar e na SciELO, foram realizadas buscas com os termos “regulamentação”, “LGPD”, “legislação IA”, “IA na educação”, “ensino com IA” e “inteligência artificial no ensino superior”, o que permitiu a identificação e seleção das fontes acadêmicas mais relevantes para esta investigação.

O guia da UNESCO [11], que aborda a Inteligência Artificial Generativa na Educação e na Pesquisa, apresenta um conjunto abrangente de diretrizes voltadas a governos, instituições de ensino e comunidades científicas, com o objetivo de promover o uso ético, inclusivo e eficaz dessa tecnologia. A publicação enfatiza a importância de princípios como equidade, privacidade, transparência, responsabilidade e respeito aos direitos humanos, destacando que a ascensão da IAGen impõe novos desafios às universidades no que diz respeito à integridade acadêmica, formação docente, formulação de políticas e adaptação curricular. Além disso, propõe ações concretas para capacitar educadores e pesquisadores, estimular o pensamento crítico sobre o uso dessas ferramentas e garantir que sua incorporação nos processos educacionais esteja

alinhada com os objetivos pedagógicos e sociais de cada instituição.

O estudo de Goulart e Colombo [12] apresenta uma análise aprofundada sobre a Revisão da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e as Universidades Públicas Federais, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de soluções para atender as demandas e desafios do setor público, com a perspectiva de modernizar e aperfeiçoar os serviços oferecidos ao cidadão. O estudo destaca que a discussão sobre o uso da IA no ensino superior tem ganhado visibilidade em diversas frentes acadêmicas, institucionais e legais, e que o avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) está diretamente relacionado a esse movimento. Ainda, aponta que a IA é uma das tecnologias mais transformadoras da atualidade, com potencial para reconfigurar práticas de ensino, gestão e pesquisa, embora sua incorporação ainda ocorra sem o pleno entendimento de seus impactos pela sociedade. Além disso, a pesquisa reforça que muitas das tecnologias utilizadas nas universidades são desenvolvidas nos próprios centros de pesquisa, o que demanda a definição de estratégias institucionais claras e responsáveis para garantir alinhamento com os objetivos pedagógicos e éticos de cada instituição.

No âmbito internacional, o relatório da UNESCO [13] sobre o Marco Referencial de Competências em IA para Professores propõe orientações sobre o uso adequado da IA Generativa (IAGen) na educação. A organização destaca que a IA deve fortalecer as capacidades humanas, promover a inclusão, garantir a segurança dos sistemas e permanecer sob supervisão humana contínua. Os professores, nesse contexto, são chamados a atuar como mediadores críticos do processo educativo, exigindo das instituições o compromisso com a formação contínua para o uso ético e eficaz dessas tecnologias. Além disso, destaca que a centralidade no ser humano e a responsabilidade institucional são pilares fundamentais nesse processo.

Já, o estudo de Oliveira [14] abrange o cenário jurídico e aponta os desafios da regulação do digital e da inteligência artificial no Brasil, em que se busca

avaliar os dispositivos normativos voltados a preparar a sociedade brasileira para a transformação digital. A pesquisa demonstrou que a regulamentação não deve se limitar às propostas legislativas em tramitação, como o Projeto de Lei n. 2338/2023, mas deve considerar também o arcabouço normativo já vigente, especialmente a Lei Geral de Proteção de Dados [4]. A LGPD é destacada como essencial para garantir o desenvolvimento de sistemas confiáveis, estabelecendo diretrizes claras sobre finalidade, consentimento e segurança no tratamento de dados pessoais. O estudo aborda que a ausência de regulamentações específicas pode abrir espaço para decisões isoladas, gerando insegurança jurídica e inibição do avanço tecnológico em instituições educacionais.

Complementando esse cenário, o trabalho de Barroso e Mello [15] analisa as potencialidades e riscos da IAGen. A análise reforça a ideia de que a regulamentação da IA é imprescindível, mas apresenta desafios complexos, como a velocidade com que a tecnologia evolui. De acordo com o estudo, a rápida transformação dificulta a criação de normas jurídicas suficientemente previsíveis e estáveis, fazendo com que parte da legislação se torne obsoleta em pouco tempo. E com isso, há riscos relacionados à regulação excessiva: por um lado, ela pode impor restrições tão severas que inibem a inovação; por outro, pode criar um ambiente de concentração de mercado, favorecendo grandes empresas já estabelecidas e prejudicando a concorrência e a diversidade tecnológica.

Em relação a literacia digital, o artigo publicado pela Alliance for Science [16], vinculado à Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, discute de forma crítica como o uso de ferramentas de Inteligência Artificial na pesquisa científica pode representar tanto um avanço quanto um risco. De acordo com o estudo, cresce o número de manuscritos desenvolvidos com auxílio de IAGen que não são acompanhados da devida declaração de uso ou da revisão crítica esperada em publicações acadêmicas. A omissão ou o uso inconsciente dessas ferramentas tem levado periódicos a rejeitarem ou até mesmo retratar artigos por violação de critérios de integridade. A pesquisa alerta

que, sem regulamentação adequada, a IAGen pode alimentar condutas antiéticas, como a geração de informações falsas ou pouco verificáveis, especialmente em contextos de alta pressão por produtividade científica.

Nessa mesma linha, a gravidade do problema também é evidenciada pela revista Science em 2024 [17], que divulgou os resultados de uma pesquisa europeia de grande escala sobre integridade científica. O estudo revelou que práticas metodológicas duvidosas, como manipulação seletiva de dados ou omissão de limitações, são surpreendentemente comuns entre pesquisadores. Soma-se a isso a constatação de que editores e revisores de periódicos muitas vezes não possuem formação específica para lidar com os desafios trazidos pela aplicação de IAGen na produção científica. Com isso, a ausência de políticas institucionais claras e de capacitação técnica contribui para a aceitação inadvertida de conteúdos automatizados e metodologicamente frágeis, o que evidencia a urgência da regulamentação do uso de IA no meio acadêmico, com foco em critérios de transparência, formação de revisores e fortalecimento da literacia digital e ética entre pesquisadores.

O trabalho de Souza [18] analisa as interseções entre a IAGen e o ensino de ciências, com foco no fortalecimento do letramento científico. A pesquisa destaca que a IAGen pode ampliar o acesso e a qualidade do ensino por meio de personalização da aprendizagem, especialmente em contextos com infraestrutura limitada. No entanto, concluiu que o uso indiscriminado dessas tecnologias pode levar à superficialização do conhecimento, à aceitação passiva de informações geradas por algoritmos e à perda do senso crítico por parte dos estudantes. Diante disso, ressalta a necessidade urgente de formação docente voltada ao uso ético e pedagógico da IAGen, apontando que, se bem aplicada, a tecnologia pode não apenas enriquecer a aprendizagem, mas também tornar a educação mais democrática, investigativa e centrada em evidências.

Dessa forma, observa-se que os estudos anteriores contribuem significativamente para a compre-

ensão dos impactos da Inteligência Artificial na educação, abordando desde os desafios regulatórios e jurídicos, até questões ligadas à integridade científica, e à formação crítica de professores ao uso ético da IAGen em ambientes educacionais. No entanto, a presente pesquisa se diferencia por adotar uma abordagem analítico-comparativa inédita, centrada no mapeamento dos documentos institucionais de universidades brasileiras que tratam da regulamentação do uso da IA no ensino superior. Enquanto estudos anteriores discutem aspectos normativos de forma ampla, essa investigação propõe a identificar, e comparar efetivamente os documentos já disponíveis.

IV. Metodologia

Compreender o estágio atual da regulamentação do uso de IAGen nas universidades brasileiras é fundamental para avaliar se essas instituições estão acompanhando os avanços tecnológicos de forma ética, segura e alinhada a princípios legais. Para atender a esse propósito, foi conduzida uma pesquisa documental de caráter comparativo, organizada em etapas que permitiram a coleta, organização e análise qualitativa de dados institucionais (Fig. 1): 1. Coleta de documentos nas páginas institucionais das universidades públicas brasileiras; 2. Construção de uma tabela comparativa; 3. Análise dos documentos coletados e categorização; 4. Interpretação dos dados da tabela.

Figura 1. Fluxo Metodológico



Observação: figura gerada com auxílio de napkin.ai.

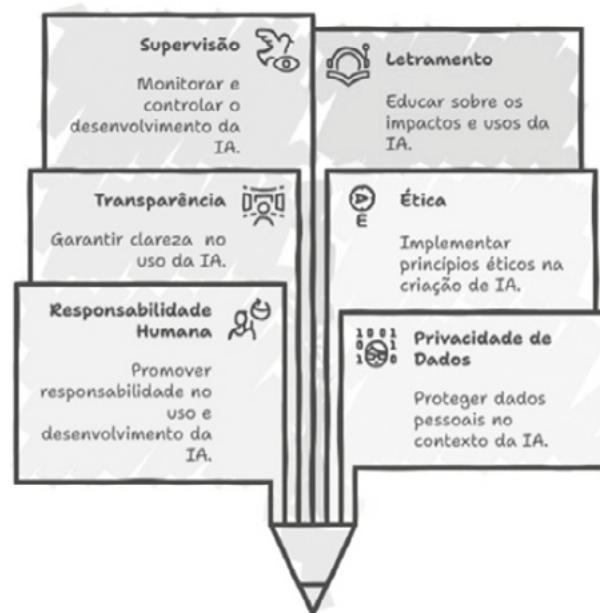
Para coletar os documentos, foi realizada uma pesquisa exploratória inicial no Google e no Google Scholar, com as seguintes palavras-chave: "Inteligência Artificial", "IA generativa", "educação superior", "diretrizes", "regulamento" e "política institucional". O objetivo era encontrar documentos que relatassem a adoção de medidas sob o uso de IAGen em universidades brasileiras e seus impactos. Não foram encontrados documentos que atendessem aos objetivos da pesquisa.

Iniciou-se uma busca nas páginas institucionais das universidades públicas federais ou estaduais brasileiras (segundo o site do e-MEC, 111 se enquadram). Buscou-se por guias, diretrizes, normativas, a partir da página principal ou do buscador disponível. Foram coletados documentos e diretrizes nacionais e internacionais, no período entre 28 de junho e 4 de julho de 2025. No buscador, os termos usados foram "inteligência artificial" e, quando muitas respostas eram retornadas, refinava-se a busca com o acréscimo do termo "guia ou diretrizes". Além da busca direta nas páginas institucionais, adotou-se o método Bola de Neve (Snowball) [19], no qual, a partir da identificação de um documento inicial de uma universidade, eram localizados outros documentos referenciados nesses materiais, permitindo a expansão da amostra. Foram incluídos documentos de uni-

versidades que apresentam regulamentações ou diretrizes oficiais sobre IAGen, já publicadas ou em fase de elaboração. Foram coletados documentos de nove instituições, sendo que foram excluídos quatro documentos de instituições estrangeiras, uma vez que o foco do estudo está nas instituições nacionais e de uma universidade privada. Os documentos de instituições brasileiras foram identificados e triados seguindo os seguintes critérios: 1. natureza institucional, 2. estágio de elaboração, 3. escopo temático, 4. caráter regulatório. Restaram cinco documentos na amostra final. Os dados foram organizados em uma tabela comparativa seguindo seis categorias: "Responsabilidade Humana", "Privacidade de Dados", "Transparência", "Ética", "Supervisão" e "Letramento". A seleção das categorias resultou da análise das diretrizes e regulamentações coletadas, a partir da identificação dos temas mais recorrentes e repetidos entre os documentos, em consonância com princípios presentes em marcos regulatórios nacionais e internacionais. A aplicação consistiu em verificar a presença ou ausência das categorias nos documentos analisados, bem como o nível de detalhamento atribuído a esses temas, o que possibilitou maior comparabilidade entre as universidades.

A partir dos documentos coletados, foi elaborada uma tabela comparativa onde foram organizadas as informações por instituição, classificando os conteúdos segundo seis categorias temáticas (Figura 2): "Responsabilidade Humana", "Privacidade de Dados", "Transparência", "Ética", "Supervisão" e "Letramento". As categorias foram definidas com base em princípios recorrentes observados nas políticas, diretrizes e recomendações analisadas. Cada categoria corresponde a um eixo de preocupação presente nos debates contemporâneos sobre a IAGen na educação e reflete a forma como as instituições estão, ou não, internalizando esses temas em suas normativas.

Figura 2. Categoria de Análise



Observação: figura gerada com auxílio de napkin.ai.

V. Análises e resultados

A partir da busca e análise documental, verificou-se que apenas cinco instituições brasileiras tiveram documentos oficiais divulgados nas páginas institucionais - até a data de encerramento da coleta de dados - como guias, políticas institucionais ou orientações de uso, que abordassem, de alguma forma, a regulamentação da IA em ambientes acadêmicos. Os documentos variam quanto à natureza, escopo e força normativa, o que revela um estágio inicial de construção institucional sobre o tema. Todavia, esse dado, por si só, já evidencia um cenário preocupante: a presença de diretrizes formais sobre IAGen nas universidades brasileiras ainda é limitada (Tabela 1).

Tabela 1. Aspectos comuns identificados nos documentos institucionais

Universidades	Responsabilidade Humana	Privacidade e Proteção de dados	Transparência	Ética	Supervisão	Letramento
UFBA [21]	X	X	X	X	X	X
UFDF [22]	X	X	X	X	X	
UFMA [23]	X	X	X	X	X	
UFMG [24]	X	X	X	X	X	X
UNICAMP [25]	X	X	X			

Observação: elaboração própria

No conjunto das universidades brasileiras analisadas, observou-se que “responsabilidade humana”, “privacidade e proteção de dados” e “transparência” são as únicas categorias presentes em todas as diretrizes. De acordo com a UNESCO [2], a responsabilidade humana implica atribuição clara de responsabilidades sobre decisões automatizadas, exigindo que desenvolvedores e usuários de IA assegurem conformidade com princípios éticos, coíbam a propagação de informações falsas e preservem padrões elevados de integridade.

Quanto à proteção de dados, a UNESCO [2] reforça que o uso de dados sensíveis deve respeitar os princípios éticos e o direito internacional. No Brasil, conforme aponta Oliveira [14], a LGPD [4] estabelece diretrizes fundamentais sobre consentimento, finalidade e segurança de dados. Já de acordo com Sampaio, Sabbatini, e Limongi [26], a transparência diz respeito à explicação e rastreabilidade dos sistemas de IA, o que exige que pesquisadores informem com precisão o nome, modelo, versão e função das ferramentas utilizadas. A presença consistente dessas categorias indica que as universidades estão, ao menos parcialmente, alinhadas a marcos legais e éticos essenciais.

Por outro lado, as categorias “ética” e “supervisão” aparecem em quatro das cinco universidades brasileiras. No que tange à ética, a UNESCO [2]

recomenda que os documentos institucionais explicitem princípios voltados à equidade, segurança e inclusão. A supervisão, por sua vez, conforme orienta a UNESCO [2], deve ser garantida ao longo de todo o processo educacional, evitando que a IA substitua a mediação humana, especialmente nos níveis iniciais de ensino. A presença dessas categorias nas diretrizes indica um avanço inicial, mas ainda insuficiente, na construção de uma governança responsável da IA.

O dado mais crítico refere-se à categoria “letramento”, contemplada por apenas duas universidades brasileiras. De acordo com Dabis e Csáki [27], o letramento em IA consiste na capacitação de professores, estudantes e pesquisadores para que utilizem essas tecnologias de forma crítica e consciente. Segundo a UNESCO [2], essa capacitação deve ser promovida por meio de educação digital acessível, engajamento cívico e programas permanentes de formação em ética e tecnologias emergentes. A ausência dessa categoria fragiliza a capacidade institucional de formar uma comunidade acadêmica capaz de lidar com os desafios e responsabilidades implicadas pelo uso da IAGen, comprometendo o desenvolvimento da autonomia intelectual e a qualidade da produção científica. Além disso, a baixa ênfase no letramento pode estar associada a barreiras como a escassez de políticas de formação continuada, a dificuldade de atualização curricular frente à rapidez tecnológica e a falta de articulação nacional unificada sobre o tema, aspectos já destacados em relatórios internacionais da UNESCO [11]. Como reforça Souza [18], o letramento torna-se fundamental para que a comunidade acadêmica desenvolva a capacidade de interpretar criticamente os processos de produção do conhecimento, identificar informações confiáveis e participar de forma ativa nos debates que envolvem ciência e tecnologia.

Apesar das lacunas existentes, vale ressaltar que algumas instituições brasileiras estão alinhando suas diretrizes com padrões internacionais. A UNICAMP [25] afirma que suas diretrizes institucionais se espelham em iniciativas de universidades estrangeiras de referência, como Oxford, Harvard, Stanford e MIT, as quais já possuem políticas

estabelecidas sobre o uso da IAGen na academia, incluindo orientações sobre responsabilidade ética, integridade acadêmica e limites de aplicação dessas tecnologias em contextos educacionais. Esse alinhamento pode elevar a credibilidade e garantir maior robustez acadêmica. No entanto, observa-se que a simples adaptação de modelos estrangeiros pode não contemplar plenamente as demandas locais, tanto no que tange contextos culturais, quanto questões associadas às desigualdades de acesso tecnológico e desafios estruturais específicos do sistema educacional brasileiro.

A Universidade Federal do Maranhão (UFMA) [23], por sua vez, adotou um processo ativo de regulamentação do uso da IAGen em suas atividades. Em junho de 2025, a UFMA divulgou uma consulta pública para a implementação de sua Política de Inteligência Artificial, convidando a participação de docentes, discentes e técnicos-administrativos. Embora a consulta tenha se encerrado em 03 de julho de 2025, e até a conclusão desta pesquisa não houvesse mais movimentação ou resultados publicamente divulgados referentes a essa fase, o conteúdo disponibilizado na própria consulta pública serviu como base para a análise.

Apesar da ausência de uma abordagem unificada, algumas universidades brasileiras, mesmo sem uma política centrada sobre IAGen na educação, já elaboram propostas normativas abrangentes. Demonstra-se que avanços são possíveis a partir de esforços locais, desde que ancorados em engajamento institucional e alinhamento ético-legal. No entanto, a pequena quantidade de instituições com diretrizes claras sobre a IAGen ressalta a urgência de uma articulação ampla entre universidades para estabelecer uma governança eficaz da IA no ensino superior. Com base nessas observações, e respondendo às perguntas que guiaram este estudo, evidencia-se que o estágio atual da regulamentação da IAGen nas universidades brasileiras é embrionário e marcado por iniciativas isoladas, com presença limitada de diretrizes formais. Grande parte das páginas institucionais evidencia a participação no tema em eventos, palestras e em algumas delas em formação pedagógica, mesmo não havendo diretrizes formalizadas. As principais lacunas e

fragilidades estão na abordagem ainda incipiente de temas como ética e supervisão e, de maneira mais crítica, na quase total ausência de iniciativas de letramento em IA especificamente associadas às diretrizes. Isso compromete a formação crítica, aumenta a vulnerabilidade à desinformação, prejudica a qualidade da pesquisa científica e dos trabalhos acadêmicos e reduz a competitividade de profissionais em um mercado cada vez mais ávido por novas aplicações.

VI. Considerações Finais

Este estudo analisou o estágio atual da regulamentação do uso da IAGen nas universidades brasileiras. O Censo da Educação Superior 2023 [20] registrou 2.580 instituições de educação superior no Brasil, sendo que 111 são universidades públicas federais ou estaduais. A pesquisa revelou que, apesar do significativo número de instituições de ensino superior no país, poucas apresentam diretrizes institucionais voltadas ao uso ético e pedagógico da IAGen. As categorias mais presentes nas diretrizes analisadas foram responsabilidade humana, transparência e proteção de dados, refletindo uma preocupação com a conformidade legal e ética, sobretudo em relação à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) [4], que desde a Emenda Constitucional n. 115 de 2022 passou a ter status de direito fundamental no Brasil. Por outro lado, dimensões fundamentais como letramento e supervisão institucional aparecem com pouca frequência, evidenciando que muitas universidades ainda não estruturaram ações pedagógicas consistentes para preparar suas comunidades acadêmicas para o uso consciente, responsável e crítico dessas tecnologias.

A velocidade da evolução da IAGen acentua esse desafio, dificultando que as regulamentações acompanhem as transformações tecnológicas de forma estável e atualizada. Nesse contexto, o Projeto de Lei n. 2338/2023 [5] surge como uma iniciativa relevante, pois propõe princípios nacionais para orientar o uso da IA com base na transparência, centralidade humana e respeito aos direitos fundamentais, podendo servir de referência para que as universidades fortaleçam ou construam suas

políticas internas de forma mais clara, consistente e articulada com o cenário legislativo.

A pesquisa apresenta algumas limitações importantes, especialmente por se basear exclusivamente no levantamento de documentos disponíveis nas páginas oficiais das instituições de ensino superior, com foco nas universidades públicas do Brasil. Essa abordagem restringe a análise ao que é formalmente divulgado, podendo não refletir integralmente práticas internas, políticas institucionais ou iniciativas recentes que ainda não foram documentadas online ou ainda não estarem adequadamente publicadas, dificultando o acesso amplo e fácil. Além disso, a seleção das universidades públicas, embora justificada pelo impacto e relevância dessas instituições, limita a generalização dos resultados para o conjunto do ensino superior brasileiro que pode apresentar diferentes experiências e desafios. Por fim, a dependência de informações públicas pode afetar a completude e a profundidade da análise. É possível que outras instituições tenham publicado seus documentos, após o encerramento da coleta de dados desta pesquisa.

Regulamentar o uso da IAGen no ensino superior não é apenas uma necessidade técnica ou legal, é uma ação estratégica que envolve compromissos pedagógicos, éticos e sociais, exigindo diálogo constante entre universidades e a sociedade como um todo. Ao identificar padrões, lacunas e possibilidades, este trabalho contribui para o debate sobre o papel das instituições diante do avanço da IAGen. São apontados caminhos para que a adoção dessas tecnologias ocorra de forma segura, equitativa e alinhada à missão educacional das universidades. Para trabalhos futuros, sugere-se expandir a análise realizando entrevistas com gestores e docentes para complementar os dados documentais e investigar o impacto das iniciativas institucionais tanto sobre a formação acadêmica quanto sobre a inserção profissional dos estudantes. Outra possibilidade é expandir para pesquisa para as universidades privadas com ou sem fins lucrativos.

Uso da IA

Conforme aborda a UNESCO [1], o uso de ferramentas baseadas em inteligência artificial pode desempenhar um papel significativo como recurso auxiliar em processos educacionais e científicos, desde que utilizado com responsabilidade, supervisão humana e integridade metodológica. Esta pesquisa retrata essa perspectiva ao empregar, de forma ética e pontual, soluções de IAGen como apoio ao desenvolvimento técnico e à organização dos resultados apresentados, sem comprometimento da autoria, da análise crítica e das decisões metodológicas.

A plataforma Napkin.ai foi utilizada para auxiliar visualmente a composição da Figura 1 e da Figura 2, contribuindo com a organização estética e a clareza na apresentação dos elementos comparativos discutidos na análise. Já a ferramenta ChatGPT foi empregada como suporte na revisão linguística de trechos selecionados, bem como na sugestão de reformulações estilísticas. Adicionalmente, a plataforma Perplexity.ai foi utilizada como suporte na identificação de fontes institucionais, documentos oficiais e literatura científica, contribuindo para a fundamentação teórica e o mapeamento documental sobre a regulamentação da inteligência artificial no ensino superior.

VII. Referências

- [1] UNESCO, "Relatório de progresso sobre a Estratégia de Inteligência Artificial da UNESCO," UNESCO, Paris, 2024. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241>. [Accessed: Jul. 8, 2025].
- [2] UNESCO, "Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial," UNESCO, Paris, 2022. [Online]. Available: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. [Accessed: Jul. 10, 2025].
- [3] L. A. Tavares, M. C. Meira, and S. F. Amaral, "Inteligência artificial na educação: survey," *Braz. J. Dev.*, vol. 6, no. 7, pp. 48699–48714,

2020. [Online]. Available: <https://ojs.brazilian-journals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13539>. [Accessed: Jul. 10, 2025].
- [4] Brasil, "Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)," Presidência da República, Brasília, 2018. [Online]. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [5] Brasil, "Projeto de Lei nº 2338, de 2023 – Dispõe sobre o uso da inteligência artificial no Brasil," Senado Federal, Brasília, 2023. [Online]. Available: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [6] C. K. Y. Chan and W. Hu, "Students' voices on generative AI: perceptions, benefits, and challenges in higher education," *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 20, p. 43, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>. [Accessed: Jul. 11, 2025].
- [7] G. Currie, "A conversation with ChatGPT," *J. Nucl. Med. Technol.*, vol. 51, no. 3, pp. 255–260, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2967/jnmt.123.265864>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [8] T. K. F. Chiu, "Future research recommendations for transforming higher education with generative AI," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 6, p. 100197, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100197>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [9] A. Tlili, B. Shehata, M. A. Adarkwah et al., "What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education," *Smart Learn. Environ.*, vol. 10, p. 15, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [10] A. Moura and A. A. Carvalho, "Literacia de Prompts para potenciar o uso da inteligência artificial na educação," *RE@D - Revista de Educação a Distância e Elearning*, vol. 6, no. 2, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34627/redvol6iss2e202308>. [Accessed: Jul. 11, 2025].
- [11] UNESCO, "Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa," UNESCO, Paris, 2024. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241>. [Accessed: Jul. 14, 2025].
- [12] J. M. Goulart and J. E. M. Colombo, "A revisão da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e as universidades públicas federais," in *XXIII Colóquio Internacional de Gestão Universitária*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/260890>. [Accessed: Jul. 11, 2025].
- [13] UNESCO, "Marco referencial de competências em IA para professores," UNESCO, Paris; Representação da UNESCO no Brasil, Brasília, 2025. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000394280/PDF/394280por.pdf.multi>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [14] C. G. B. de Oliveira, "Desafios da regulação do digital e da inteligência artificial no Brasil," *Rev. USP*, vol. 135, pp. 137–162, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.i135p137-162>. [Accessed: Jul. 13, 2025].
- [15] L. R. Barroso and P. P. C. Mello, "Inteligência artificial: promessas, riscos e regulação. Algo de novo debaixo do sol," *Rev. Direito Práxis*, vol. 15, no. 4, pp. 1–45, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1590/2179-8966/2024/84479>. [Accessed: Jul. 13, 2025].

- [16] J. Whittle and S. Harrer, "AI can be a powerful tool for scientists — but it can also fuel research misconduct," *Alliance for Science Blog*, Mar. 2025. [Online]. Available: <https://allianceforscience.org/blog/2025/03/ai-can-be-a-powerful-tool-for-scientists-but-it-can-also-fuel-research-misconduct/>. [Accessed: Jul. 13, 2025].
- [17] J. de Vrieze, "Landmark research integrity survey finds questionable practices are surprisingly common," *Science*, vol. 373, no. 6552, p. 265, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1126/science.373.6552.265>. [Accessed: Jul. 13, 2025].
- [18] E. S. R. de Souza, "Letramento científico e inteligência artificial na educação: desafios e perspectivas para a formação crítica," *Rev. Foco*, vol. 18, no. 2, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n2-160>. [Accessed: Jul. 13, 2025].
- [19] J. Vinuto, "A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto," *Temáticas*, vol. 22, no. 44, pp. 203–220, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.20396/tematicas.v22i44.10977>. [Accessed: Jul. 12, 2025].
- [20] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (BR) and INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP), "MEC e Inep divulgam resultado do Censo Superior 2023," 2025. [Online]. Available: <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/censo-da-educacao-superior/mec-e-inep-divulgam-resultado-do-censo-superior-2023>. [Accessed: Sep. 8, 2025].
- [21] Universidade Federal da Bahia, "Guia para Uso Ético e Responsável da Inteligência Artificial Generativa na Universidade Federal da Bahia," UFBA, Salvador, 2025. [Online]. Available: <https://www.ufba.br/cgd>. [Accessed: Jul. 10, 2025].
- [22] Universidade Federal do Delta do Parnaíba, "Resolução Consuni nº 157, de 23 de abril de 2025: dispõe sobre a Política do Uso de Inteligência Artificial no âmbito da Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPar)," UFDPar, Parnaíba, 2025. [Online]. Available: <https://ufdpar.edu.br/reitoria/reitoria-1/RESOLUOCONSUNIN157DE23DEABRILDE2025.pdf>. [Accessed: Jul. 7, 2025].
- [23] Universidade Federal do Maranhão, "Consulta Pública sobre a Política de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Maranhão (UFMA)," UFMA, São Luís, 2025. [Online]. Available: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/politica-de-inteligencia-artificial-da-universidade-federal-do-maranhao-ufma>. [Accessed: Jul. 4, 2025].
- [24] Universidade Federal de Minas Gerais, "Gabinete da Reitora. Recomendações para o Uso de Ferramentas de Inteligência Artificial nas Atividades Acadêmicas na UFMG," UFMG, Belo Horizonte, 2024. [Online]. Available: <https://www.ufmg-hml.dti.ufmg.br/ia/wp-content/uploads/2024/09/Uso-de-Ferramentas-de-IA-na-UFMG.pdf>. [Accessed: Jul. 7, 2025].
- [25] Universidade Estadual de Campinas, "Pró-Reitoria de Graduação. Orientações para Uso Responsável de IA," Unicamp, Campinas, 2025. [Online]. Available: <https://prg.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/42/2025/02/Orientacoes-para-Uso-Responsavel-de-IA.pdf>. [Accessed: Jul. 10, 2025].
- [26] R. C. Sampaio, M. Sabbatini, and R. Limongi, "Diretrizes para o uso ético e responsável da Inteligência Artificial Generativa: um guia prático para pesquisadores," Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação – Interco, São Paulo, 2024. [Online]. Available: <https://prpg.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/10/2025/01/livro-diretrizes-ia-1.pdf>. [Accessed: Jul. 11, 2025].

- [27] A. Dabis and C. Csáki, "AI and Ethics: investigating the first policy responses of Higher Education institutions to the challenge of Generative AI," *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03526-z>. [Accessed: Jul. 11, 2025].





Uso da Ferramenta PlantUML no ensino de UML em Engenharia de Software: um estudo sobre adoção de ferramentas de modelagem baseadas em script

Use of the PlantUML Tool in Teaching UML in Software Engineering: a Study on the Adoption of Script-Based Modeling Tools

Luiz Carlos Machi Lozano¹, Fabio Kawaoka Takase², Fabio Silva Lopes³

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumo: O aprendizado da UML (Unified Modeling Language) para modelar e documentar uma solução de software, sem ambiguidade e de modo colaborativo entre estudantes consiste em habilidade importante para uma boa formação em Engenharia de Software. No escopo deste estudo, desenvolvemos de modo empírico uma abordagem baseada no uso da UML por meio da implementação baseada em scripts no formato PlantUML como base para modelagem e documentação de projetos com foco no aprendizado de Engenharia de Software para alunos da graduação. No período de um ano, a abordagem foi testada em 4 ambientes distintos

que envolvem alunos de graduação de diferentes etapas e cursos da área de Computação. Entre os resultados observados, estão registradas a baixa dificuldade de adoção da ferramenta, a melhoria de qualidade dos diagramas UML produzidos e o entendimento mais efetivo sobre integração de ferramentas no âmbito do processo de desenvolvimento de produtos de software.

Palavras-chave: Aprendizagem de modelação; Engenharia de software; UML baseado em texto legível por humanos.

¹ Autor correspondiente: Luiz Carlos Machi Lozano. Filiación institucional: Universidade Presbiteriana Mackenzie. País: Brasil, Ciudad: São Paulo. Correo electrónico: luiz.lozano@mackenzie.br ORCID: 0000-0003-0464-3292

² Autor correspondiente: Fabio Kawaoka Takase. Filiación institucional: Universidade Presbiteriana Mackenzie. País: Brasil, Ciudad: São Paulo. Correo electrónico: fabio.takase@mackenzie.br ORCID: 0009-0006-4187-796X

³ Autor correspondiente: Fabio Silva Lopes. Universidade Presbiteriana Mackenzie. País: Brasil, Ciudad: São Paulo. Correo electrónico: fabio.lopes@mackenzie.br ORCID: 0000-0001-8274-7682

Abstract: Learning UML (Unified Modeling Language) to model and document a software solution—without ambiguity and in a collaborative way among students—is an important skill for solid training in Software Engineering. In the scope of this study, we developed an empirical approach based on the use of UML through script-based implementation using the PlantUML format as a foundation for project modeling and documentation, focused on Software Engineering learning for undergraduate students. Over the course of one year, the approach was tested in four distinct environments involving undergraduate students at different stages and from various Computing-related courses. Among the observed results were low difficulty in adopting the tool, improved quality of the produced UML diagrams, and more effective understanding of tool integration within the software product development process.

Keywords: Modeling Learning; Software Engineering; human-readable text-based UML.

I. Introdução

A prática de Engenharia de Software envolve o trabalho colaborativo de profissionais com diferentes competências durante todo o ciclo de vida de uma solução de software. Independentemente das definições de fases do ciclo de vida definidos por necessidades de controle e governança de uma organização e das metodologias adotadas para a construção do software, a comunicação assertiva e sem ambiguidade entre os diversos participantes do projeto sobre o objeto em construção é essencial.

Dentre os diferentes níveis de formalismos aplicáveis à descrição de soluções de software, a Unified Modeling Language (UML) é bastante popular e permite representar diferentes visões do software em construção, incluindo aspectos estruturais e dinâmicos de especificação, projeto e implantação de software. Esta popularidade se traduz em disponibilidade de diversas ferramentas para construção das visões da UML, tornando-a um bom recurso

para modelagem de produtos, bem como, para comunicação entre os *stakeholders* do projeto.

A área de Engenharia de Software é relativamente nova quando comparada a outras como matemática ou Química. Desde o seu formalismo como área de estudo, no final dos anos 1960, há um esforço contínuo na consolidação de conceitos que vão além daquilo que o termo “engenharia” preconiza, passando pelo estudo da complexidade do software, aspectos práticos da produção de software, ferramentas, plataformas, padrões e modelos abstratos.

Não obstante, o ensino nesta área é desafiador dada a natureza dinâmica e complexa envolvida. A formação básica em Engenharia de Software deve contemplar a apropriação de conceitos, habilidades práticas e aprimoramento de *softskills* como liderança, trabalho em equipe e empatia [13].

Outro ponto está no custo dos produtos. Na medida que as ferramentas ganham projeção de mercado elas também evoluem o modelo de negócio e relação com o mercado. Iniciam como uma ferramenta aberta, mantida por uma comunidade, depois mudam para uma modalidade Freemium, com algumas features gratuitas e outras pagas. Por fim, a ferramenta se torna 100% paga. Também há exemplos de oferta para uma versão acadêmica com custo reduzido.

Ocorre que o custo para universidade aumenta e, nem sempre a ferramenta escolhida é aquela que o estudante vai encontrar no estágio ou novo emprego. Portanto, o desafio está no equilíbrio financeiro do processo de ensino para a universidade, considerando a melhor prática agnóstica, sem a dependências de uma ferramenta específica.

De modo complementar, existem questões de acessibilidade envolvidas. Estudantes com limitações visuais tem dificuldade em ler diagramas, mas conseguem ter acesso mais fácil a linguagem de script, como é utilizada pelo PlantUML [11].

Vale salientar que o aprendizado de UML para especificação e projeto de soluções de software é

um desafio porque implica em trabalhar com duas apren-dizagens distintas: como especificar o projeto e como utilizar a UML corretamente. O uso do PlantUML aplicado em projetos de disciplinas de Engenharia de Software na graduação pode ser um diferencial para melhorar as habilidades profissionais neste tema. Contudo, há carência de trabalhos que apontem nesta direção, abrindo oportunidades de pesquisa neste contexto.

Logo, a questão de pesquisa levantada neste estudo foi a seguinte: A utilização de linguagem de script com independência de ferramentas de mercado no ensino de modelagem de produtos de software pode contribuir para melhores resultados de aprendizagem?

Considerando os pontos apresentados, este estudo objetivou experimentar o produto PlantUML em ambientes de ensino distintos para avaliar resultados de aprendizagem em disciplinas que utilizam UML para apoio na especificação de soluções de software.

Experimentalmente, utilizamos o PlantUML por 6 meses com estagiários do laboratório de pesquisa na área de Engenharia de Software. Neste Ambiente 1, implantamos o GitLab na nuvem onPremise da Universidade e elaboramos um guia de referência para uso da ferramenta no laboratório, que foi vinculado à capacitação de *onboarding* para novos participantes dos projetos que executamos no laboratório. Em seguida iniciamos os processos de modelagem e documentação dos produtos já existentes do laboratório. Na etapa seguinte, implantamos esta abordagem para o programa de Residência de Software que o Laboratório oferece para estudantes da graduação, onde são desenvolvidas aplicações para clientes reais. Neste programa temos dois grupos atuando em paralelo. Residência de Software presencial e Residência de Software *on-line* para alunos dos cursos EaD (Ambientes 2 e 3, respectivamente). Por fim, a abordagem foi implementada em disciplinas da graduação, nos cursos de Sistemas de Informação, Ciência da Computação e Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Ambiente 4).

Este artigo foi estruturado em cinco seções principais. Inicialmente, a Seção 1 contextualiza a pesquisa, delineando o problema investigado e os objetivos do estudo. A Seção 2 apresenta a revisão da literatura, sintetizando os conceitos-chave e os estudos correlatos relevantes para a pesquisa. A Seção 3 detalha a metodologia empregada, incluindo o delineamento do estudo e os procedimentos de análise e composição de resultados. A Seção 4 apresenta os resultados obtidos e, por fim, a Seção 5 discute as conclusões do estudo, suas implicações e as direções para pesquisas futuras.

II. Sistemas de suporte para o ciclo de vida de um produto de software

É consenso que modelar software constitui uma boa prática. Muitos pesquisadores que atuam como engenheiros de software já publicaram artigos evidenciando o uso de diagramas UML no desenvolvimento de sistemas e as respectivas contribuições, a fim de promover o avanço da Engenharia de Software como área de conhecimento. O estudo de Koç e colegas [6], abordou a questão em uma revisão sistemática da literatura na área de pesquisa sobre Engenharia de Software que buscou entendimento sobre quais diagramas UML são populares, por que são utilizados e quais áreas de aplicação são as mais populares. Em 247 publicações ao longo de 20 anos (entre 2000 e 2019) apresentavam diagramas UML. Em 68,7% delas a UML foi utilizada para modelagem de aplicações.

Desde 2000, muito se avançou após a padronização da modelagem e comunicação proposta pela UML 1.1 [9]. No que diz respeito ao ensino de modelagem isso não foi diferente. A prática da modelagem já era vivenciada em cursos de computação desde a década de 1980, por meio da Análise Estruturada, com diagramas do tipo DFD (Chris Gane ou Tom DeMarco), Modelos Entidade-Relacionamento (Peter Chen) e diagramas de decomposição (Meillier Page-Jones). Aos poucos, estes diagramas foram perdendo espaço para os diagramas da UML pois o mercado já lidava com a orientação a objeto e a prática estruturada perdia força.

Por outro lado, as ferramentas de CASE (Computer-Aided Software Engineering) começaram a proliferar e chegaram também às aulas de laboratório de Engenharia de Software. Algumas eram somente diagramáticas e outras permitiam interação com o código. Alguns exemplos de ferramentas utilizadas estão listados na sequência.

- StarUML.
- WhiteStarUML.
- Enterprise Architect.
- Lucidchart.
- Draw.io.
- Miro.
- UMLet.

Com várias opções disponíveis, o estudante tem liberdade para escolher qual ferramenta utilizar. Porém algumas opções apresentam limitações na implementação correta da simbologia definida pela OMG. Isso dificulta o processo de ensino e a correção de atividades. O trabalho de Cunha. et al. [2] discute parcialmente esta questão. No estudo, eles avaliaram 5 ferramentas e observaram que as ferramentas que estão mais alinhadas com as diretrizes da norma, geram menor quantidade de erro no processo de modelagem.

A abordagem ágil aproximou a documentação de projeto e o desenvolvedor, levando diagramas e descrições para o dia a dia do desenvolvedor [3]. Estes di-agramas, neste contexto assumem um papel mais assertivo na comunicação e descrição de decisões tomadas em consenso, em contraste com uma abordagem orientada a planos em que muita documentação é gerada sem o foco na comunicação com desenvolvedores e sem a participação de desenvolvedores nas decisões tomadas. Os diagramas gerados neste novo contexto com foco na comunicação e colaboração fazem, portanto, parte do produto em desenvolvimento, devendo ser versionado e rastreado em seu ciclo de vida junto com outros artefatos do projeto, como por exemplo o código fonte e bibliotecas em uso.

No ambiente de desenvolvimento profissional de software, a colaboração e a comunicação clara e sem ambiguidade é essencial, e em um contexto

em que a linguagem de modelagem é unificada, no dia a dia a utilização de uma ferramenta única para descrição e projeto de uma solução de software é importante. Este suporte de ferramenta, linguagem e consenso entre diferentes participantes do projeto deve existir durante todo o ciclo de vida do produto de software. Sem este suporte operacional, o reuso sistemático de artefatos de projetos já construídos por diferentes equipes/squads se torna uma tarefa complexa [12].

2.1 Sobre o PlantUML

O PlantUML é uma ferramenta Open Source cuja finalidade é renderizar diagramas a partir de uma linguagem de texto. Foi desenvolvida como Open Source em 1996 por Arnaud e mantém um repositório público no GitHub desde 2010 onde a ferramenta está disponível e apresenta as categorias de licenciamento, entre elas, GPL (General Public License), Apache e MIT [11].

O diferencial desta ferramenta está justamente na possibilidade de criar diagramas a partir de uma gramática formal projetada para análise, validação e integração com outras ferramentas, entre elas, GitHub, GitLab e VSCode. Isso permite renderizar os diagramas nestas ferramentas de modo a manter código e documentação no mesmo repositório.

De modo complementar, o PlantUML dá suporte para outros diagramas não inclusos na UML, como por exemplo Gráficos de Gantt, Archimate (TOGAF), Mind Maps e WBS (Work Breakdown Structure).

2.2 Exemplos de aplicações relacionadas com PlantUML

Alguns estudos seguem na possibilidade de utilizar IA para converter imagens criadas manualmente em artefatos digitais passíveis de leitura a compreensão. O estudo de Conrady e Cabot [1] aprofunda o tema por meio de experimentos de submissão de imagens a um LLM multimodal para interpretar e gerar o script em PlantUML.

Já os estudos de Fill. et al. [5] segue a linha da geração de diagramas a partir de prompts executados em ferramentas como o ChatGPT, que são capazes de gerar um script em PlantUML. Na visão dos autores, os assistentes de IA estão se tornando uma nova interface para interagir com a modelagem, em linguagem natural.

Uma outra abordagem foi evidenciada no estudo de Romeo e colegas [10]. Eles desenvolveram uma ferramenta para compreender desvios de Design e Implantação e Documentação (DID), conectando referências UML descritas em PlantUML às entidades de código-fonte correspondentes (por exemplo, classes Java), a ferramenta se baseia em novas métricas de cobertura entre os artefatos UML e o sistema.

Observa-se que os exemplos supracitados são úteis para o contexto ensino-aprendizagem pois podem ser utilizados em abordagens práticas de projetos de soluções modeladas em UML, onde o uso de formatos UML baseados em texto são considerados.

III. Método

Neste trabalho relatamos a experiência de aplicação do PlantUML em 4 grupos diferentes de alunos.

O uso da UML nas atividades de projeto foi realizadas seguindo as 4+1 visões propostas por Kruchten [7].

Em cada grupo de alunos um tema único de projeto foi proposto e trabalhado de forma colaborativa, enfrentando diferentes desafios de aprendizagem, comunicação e interação interpessoal.

As ferramentas utilizadas nestas ações foram o GitLab para trabalho colaborativo com controle de versão para os artefatos de projeto, o PlantUML para a renderização dos scripts escritos pelos alunos para apresentação dos diagramas UML e o MS TEAMS para comunicações e documentos auxiliares.

No trabalho realizado no Ambiente 1 (Estagiários do laboratório), três estagiários trabalharam

na implantação de uma instância do GitLab com integração com o PlantUML e na sustentação da operação de todo ambiente de suporte, incluindo gerenciamento de acessos e usuários, backup diário e monitoramento. O grupo de estagiários e os dois laboratoristas também utilizam estas ferramentas para sustentar as atividades de desenvolvimento e manutenção de operacionalidade de outras ferramentas e soluções implementadas e sustentadas pelo laboratório.

Os Ambientes 2 e 3 são ambientes relacionados ao programa de Residência de Software do laboratório [8] que aplica o PBL (Problem Based Learning) à Engenharia de Software [4].

A dinâmica de trabalho foi suportada por estagiários que organizavam reuniões diárias, e por reuniões semanais de acompanhamento com o coordenador e professores. Estas reuniões semanais no Ambiente 2 foram realizadas presencialmente e no Ambiente 3 remotamente através do MS Teams. O GitLab serviu como repositório central para todos os artefatos e código-fonte.

Para a coleta de dados, foram registrados os seguintes indicadores: (1) a taxa de evasão do grupo ao final do semestre e (2) uma análise qualitativa e comparativa da qualidade dos artefatos de modelagem produzidos em relação aos das turmas de outros ambientes.

A Residência presencial (Ambiente 2) contou com um grupo de 18 alunos em seu início que assumiu o desenvolvimento do projeto 'Interprèt', seguindo um ciclo iterativo guiado pelo modelo proposto por Kruchten, com um trabalho inicialmente focado na Visão de Cenários, com trabalho posterior sobre a Visão Lógica e de Processos para no final, construir as visões de Desenvolvimento e Implantação durante os *Sprints* de implementação. O rito de reuniões diárias foi acompanhado pelos estagiários do laboratório, que cumpriram o papel de Scrum Master nas *squads*. Semanalmente uma reunião presencial com todos os participantes das *squads* e os professores do laboratório foi realizada.

No Ambiente 3 (Residência *on-line*) um grupo de nove alunos iniciou o desenvolvimento do projeto 'Gerenciamento de Competências', seguindo um ciclo iterativo guiado pelo modelo arquitetural 4+1 de Kruchten [7]. A primeira fase focou na Visão de Cenários, com levantamento de requisitos e criação de diagramas de casos de uso e protótipos. Em seguida, a Visão Lógica foi detalhada com diagramas de classe de domínio e de sequência, todos gerados via PlantUML.

O ambiente 4 (Cursos de Graduação) envolveu a aplicação da abordagem em diversas turmas.

Na disciplina de Desenvolvimento de Sistemas do curso de Sistemas de Informação o experimento comparou uma turma de 2024 (grupo de controle) com uma de 2025 (grupo experimental) para avaliar o impacto da adoção do PlantUML. A disciplina, em ambos os anos, foi estruturada em dois bimestres, com a nota de cada bimestre sendo composta 50% por entregas de um projeto e 50% por uma prova. O projeto consistia na modelagem de um sistema a partir de requisitos, sem a etapa de codificação, simulando um ambiente de engenharia de software. Para isolar a variável de estudo, o nível de dificuldade dos projetos e das provas foi mantido equivalente para ambas as turmas. A diferença central foi o ecossistema de trabalho: o grupo de controle utilizou a ferramenta visual StarUML com entregas no ambiente virtual de aprendizagem Moodle, enquanto o grupo experimental utilizou o PlantUML integrado ao GitLab, com suporte adicional de vídeos explicativos gravados pelo professor.

Na disciplina de Engenharia de Software do curso de Ciência da Computação, o ambiente foi utilizado para a realização do projeto da disciplina em três turmas distintas. Esta disciplina se encaixa entre uma disciplina que introduz o uso de diagramas UML (Casos de uso, sequência, classes, comunicação, atividade e estados) e outra disciplina que trabalha com a implementação da solução especificada. Esta disciplina tem como principal foco a apresentação aos alunos dos processos de desenvolvimento de software, metodologias, disciplinas envolvidas, ciclo de vida de um produto de software e qualidade de software. Para cada turma

foi proposto um tema único de projeto para exigir um trabalho colaborativo entre diversas *squads*. O projeto consistia na modelagem de um sistema a partir do problema proposto como tema do projeto, desde identificação de *stakeholders*, caracterização do problema, identificação de cenários e restrições, elicitação de requisitos funcionais e não funcionais até a definição de uma arquitetura de software com uma visão de implantação, sem a codificação da solução. Nesta disciplina o GitLab serviu como repositório central para todos os artefatos e código-fonte e os diagramas UML foram gerados em arquivos tipo *markdown* versionados e renderizados no próprio GitLab utilizando o PlantUML. Para avaliar o impacto da realização das atividades de projeto no aprendizado do aluno foi coletada informação sobre a participação do aluno no projeto (intervenções no sistema do GitLab) e esta participação foi comparada à média das avaliações individuais.

IV. Resultados e Discussão

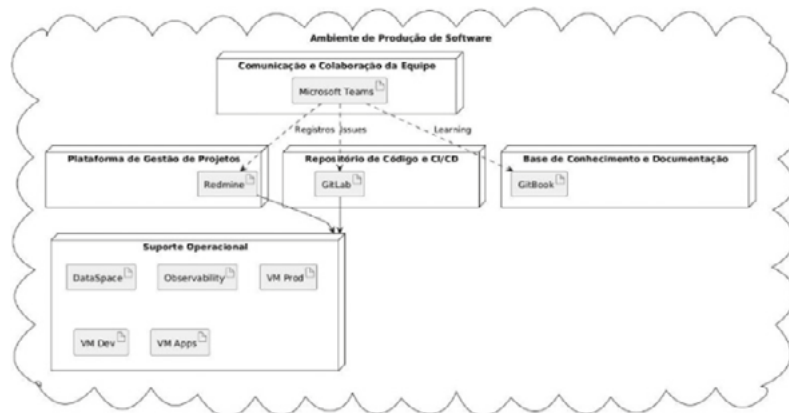
4.1. Ambiente 1 - Integrantes do Laboratório

Vale aqui relatar alguns dados do Laboratório de Estudos em Ambiente de Produção de Software da Universidade. Inicialmente o laboratório foi pensado como uma Fábrica de Software experimental. Desde 2010, alunos e professores vivenciam experiências reais de desenvolvimento de aplicações, praticando conceitos teóricos e práticos abordados em sala de aula, dos cursos de computação.

Em 2022 o Laboratório deixou de ser uma fábrica e adotou uma postura mais alinhada com a pesquisa com foco em Ambientes de produção de software. Para tanto, havia a necessidade de estruturar um processo que permitisse experienciar teoria e práticas em condições análogas ao mercado software.

Neste sentido, uma linha de produção foi planejada considerando ferramentas abertas e processo flexível, capaz de atender complexidades distintas de cada projeto novo. A Figura 1 apresenta os artefatos da arquitetura e suas relações.

Figura 1. Artefatos do Ambiente de Produção de Software



Observação: preparação própria.

Nesta configuração, o PlantUML é renderizado diretamente no GitLab. Portanto, os membros do laboratório mantêm a documentação diagramática no mesmo repositório que o código, sob o mesmo controle de versões.

4.2 Ambiente 2 - Residência de Software presencial

O ambiente de residência de software é um ambiente de construção de software que mimetiza um ambiente de produção de software profissional e que deve portando adotar práticas de gestão de configuração e mudanças necessárias para estabelecer gestão e governança sobre soluções de software em construção e em operação.

Com relação à taxa de evasão, tivemos no período, uma evasão de 33%, iniciamos o semestre com 18 alunos e encerramos com 12. Esta taxa é elevada mas também esperada, pois como um projeto de extensão que exige uma dedicação semanal considerável, alunos que iniciam estágio em empresas durante o período da residência não conseguem conduzir as duas atividades em paralelo.

O uso do Git para versionamento, de *issues* e *kanban* para planejamento e controle de ações e documentação em *markdown* versionada e renderi-

zada no próprio GitLab permitiu o estabelecimento rápido do rito diário de trabalho das *squads*, o que foi verificado por uma aceleração no processo se comparado à outras edições da residência. Em outras edições, o primeiro semestre foi dedicado exclusivamente ao entendimento do problema, levantamento de requisitos e especificação da solução. Nesta edição, além destas atividades, *sprints* de desenvolvimento foram realizados com avaliação de entrega parcial com *stakeholders* do projeto no primeiro semestre. Este resultado é impactante, pois nesta edição, foram definidas duas *squads* que trabalharam sobre o mesmo projeto e a comunicação e o trabalho colaborativo aconteceu de forma efetiva, como os resultados demonstram.

4.3 Ambiente 3 - Residência de Software on-line

Neste Ambiente, foi delineado como uma intervenção metodológica específica para os alunos dos cursos EaD. A abordagem foi criada em resposta direta ao problema de altas taxas de evasão (próximas a 100%) observadas em modelos anteriores que integravam alunos EaD com turmas presenciais.

O objetivo era criar um ecossistema de trabalho totalmente remoto para verificar o impacto no engajamento e na qualidade dos projetos. Um dos resultados mais expressivos observados no estudo

proveio da primeira edição do programa de Residência *on-line*.

Historicamente, a tentativa de integrar alunos de EaD em turmas de residência presenciais resultava em uma taxa de evasão próxima a 100%, atribuída a dificuldades de engajamento em um modelo híbrido. A nova abordagem demonstrou um impacto significativo na retenção. O programa iniciou com 9 alunos e finalizou com 6, registrando uma taxa de evasão de aproximadamente 33%. Embora a evasão não tenha sido eliminada, sua drástica redução, quando comparada ao cenário anterior, representa um sucesso substancial na criação de um ambiente de engajamento viável para esses estudantes.

Adicionalmente, o grupo demonstrou alta performance, com uma análise comparativa indicando que a qualidade dos artefatos de modelagem e a profundidade no entendimento do problema foram superiores às das turmas híbridas dos anos anteriores. Como evidência dessa produtividade, a equipe remota conseguiu progredir até a etapa de implementação de um dos casos de uso ainda no primeiro semestre.

4.4 Ambiente 4 - Cursos de graduação

Desenvolvimento de Sistemas - Sistemas de Informação Foi conduzido um estudo de caso comparativo na disciplina de Desenvolvimento de Sistemas do curso de Sistemas de Informação. A disciplina é pedagogicamente estruturada para simular um ambiente real de desenvolvimento de software. O sistema de avaliação é dividido em dois bimestres e a nota de cada um deles é composta por duas partes de igual peso: 50% correspondem às entregas do projeto de modelagem e 50% a uma prova bimestral. O projeto semestral funciona como o pilar prático da disciplina. As equipes de alunos recebem a requisição de um novo software, incluindo uma descrição do problema e seus possíveis requisitos. A partir disso, eles devem realizar toda a modelagem do sistema, produzindo os artefatos UML necessários ao longo de seis entregas, que são distribuídas entre os dois bimestres. É importante ressaltar que o escopo da

disciplina se concentra exclusivamente nas fases de análise e projeto, não envolvendo a implementação do código-fonte. Sobre essa estrutura fundamental, foi montado o experimento comparativo. Para garantir a validade da análise, ambas as turmas (2024 e 2025) trabalharam com projetos e provas de mesmo nível de dificuldade, definidos pelo professor. A principal variável investigada foi o ecossistema de ferramentas e a abordagem de trabalho. O grupo de controle (Turma 2024) utilizou a ferramenta visual StarUML com entregas via Moodle. O grupo experimental (Turma 2025), por sua vez, adotou o PlantUML integrado ao GitLab e recebeu suporte adicional através de vídeos explicativos sobre as ferramentas.

Tabela 1. Análise quantitativa do desempenho das turmas

Indicador	Turma 2024 (Controle)	Turma 2025 (Experimental)
Nº de Alunos	45	22
Média Final Geral (MF)	5,77	6,60

Observação: preparação própria.

Os dados da tabela 1 indicam uma melhora no indicador de desempenho da turma que utilizou a abordagem com PlantUML. Tendo em vista que o nível de dificuldade dos projetos e das avaliações foi controlado, a melhora observada na Média Final Geral, que saltou de 5,77 para 6,60 (um aumento de aproximadamente 14,38%), pode ser associada à mudança no ecossistema de ferramentas e no suporte pedagógico. A abordagem de “diagramas como código” do PlantUML, alinhada a práticas de desenvolvimento como o controle de versão no GitLab, pode ter contribuído para um maior engajamento e qualidade nas entregas dos artefatos. Adicionalmente, o suporte assíncrono através de vídeos explicativos pode ter sido um fator importante para auxiliar os alunos a superarem as barreiras de aprendizado com a nova abordagem.

Engenharia de Software - Ciência da computação

Três turmas fizeram uso do PlantUML no projeto da disciplina de Engenharia de Software. Cada turma recebeu um único tema para desenvolver o projeto

e as turmas foram divididas em *squads* de no mínimo 4 e no máximo 5 integrantes. Algumas exceções foram abertas formando grupos de 6 alunos para alunos que ingressaram tardiamente na disciplina. O número de participantes de cada turma e o número de *squads* podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2. Turmas

Turma	Participantes	Squads
A	17	5
B	27	6
C	36	8

Observação: preparação própria.

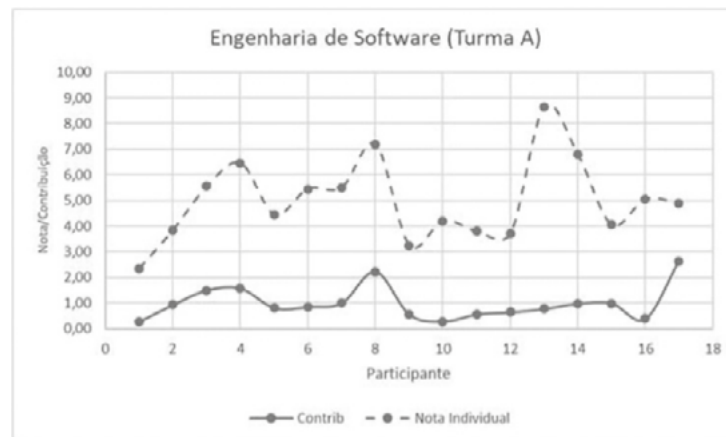
Cada *squad* trabalhou sobre um ramo de trabalho (*branch*) separado no repositório do projeto da disciplina. Diferentes *sprints* foram configuradas de acordo com as 4 entregas planejadas para os projetos. O backlog de atividades das *sprints* foi criado e atualizado por cada *squads*, utilizando os recursos de planejamento disponibilizados pelo GitLab, como o uso de *issues*, Kanban, rótulos e milestones.

Nas Figuras 2, 3 e 4 a contribuição de cada participante e a nota individual de cada participante são plotadas para cada turma. A contribuição de

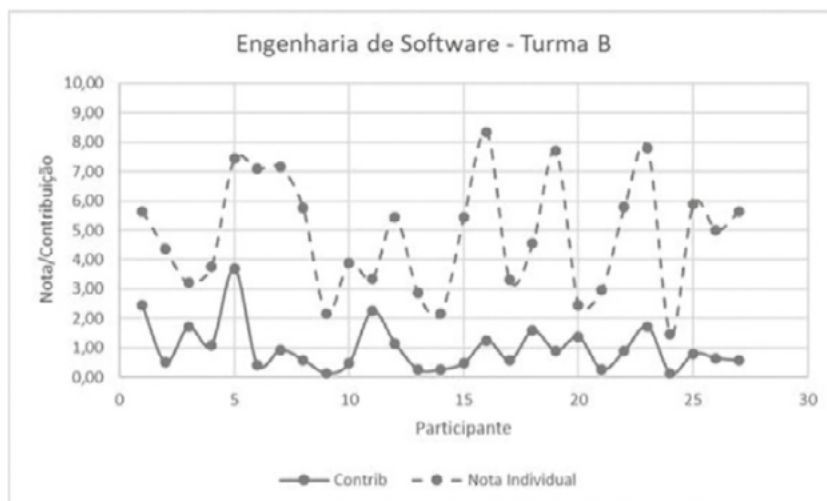
cada participante foi calculada através do número de intervenções no projeto registradas no GitLab com uma ponderação sobre as intervenções sobre outros participantes do grupo (*squad*). Um indicador de intervenções ponderadas bem próximo de 1 nestes gráficos indicam que os diversos membros do grupo de projeto atuaram de forma equilibrada, com um número de intervenções semelhantes. Foram consideradas as intervenções de commit, em que mudanças nos artefatos sob controle de versão são realizadas, e as intervenções de planejamento e acompanhamento de execução de tarefas, como a criação e atualização de *issues* no Kanban do projeto. A nota individual é a média das avaliações individuais de cada participante, sem a composição da nota final que considera as notas individuais e a nota de equipe do projeto.

Através dos gráficos é possível verificar uma correlação entre o índice de colaboração registrado no projeto com as notas das avaliações individuais. Índices muito acima de 1 mostram um desequilíbrio na participação de membros de uma mesma *squad* e uma construção de artefatos que não foram utilizados como comunicação de conceitos e ideias entre os membros da equipe. Como podemos observar nos gráficos apresentados, índices próximos e acima de 1 estão relacionados com melhor desempenho nas avaliações individuais.

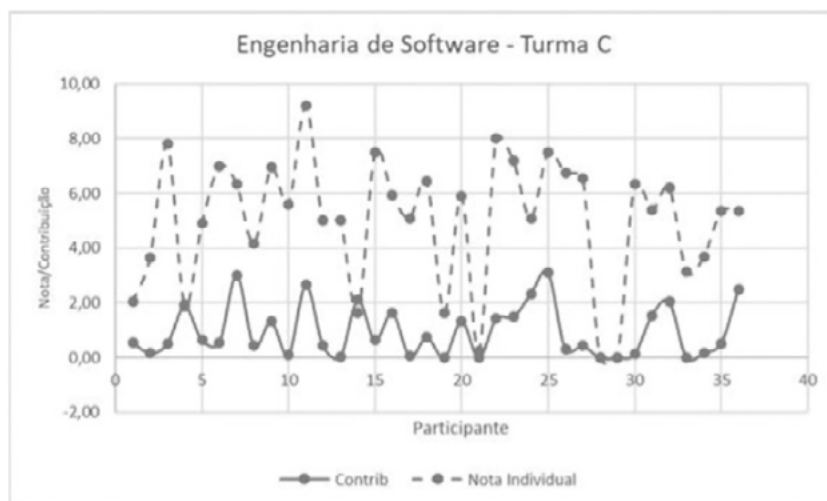
Figura 2. Contribuição e Nota individual dos participantes da turma A



Observação: preparação própria.

Figura 3. Contribuição e Nota individual dos participantes da turma B

Observação: preparação própria.

Figura 4. Contribuição e Nota individual dos participantes da turma C

Observação: preparação própria.

Um exemplo do uso do PlantUML na construção de um diagrama de casos de uso é apresentado em 1.1.

```

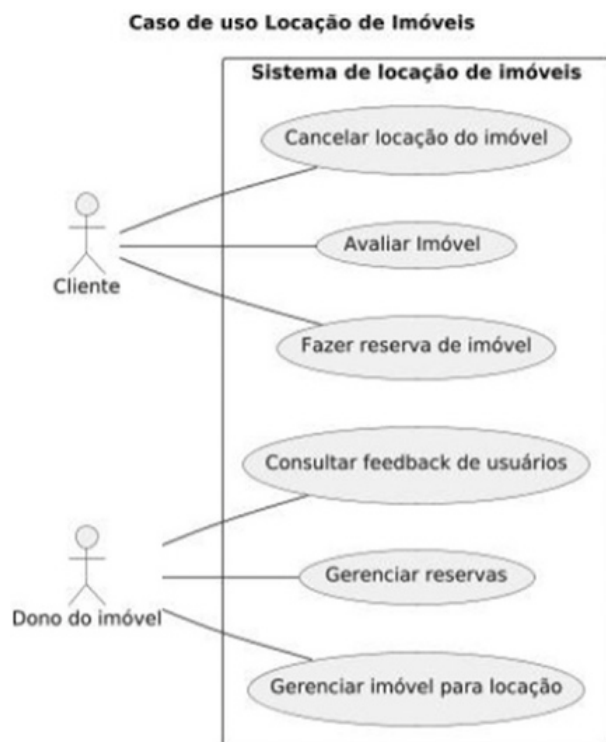
''' plantuml @
startuml scale 0.8
left to right direction
title Caso de uso Locacao de Imoveis

Actor "Cliente" as us
Actor "Dono do imovel" as dn

rectangle "Sistema de locacao de imoveis" {
    usecase "Fazer reserv
a de imovel" as UC1
    usecase "Avaliar Imovel" as UC3
    usecase "Cancelar locacao do imovel" as UC4
    usecase "Gerenciar
imovel para locacao" as UC5
    usecase "Gerenciar reservas" as UC7
    usecase "Consultar feedback de usuarios" as UC11
    us -- UC3 us
    UC4 dn -- UC5 dn
    -- UC7 dn -- UC11
}
@enduml '''
    
```

O diagrama de casos de uso renderizado é apresentado na Figura 5

Figura 5. Diagrama de casos de uso



Observação: preparação própria.

4.5 Benefícios observados

Um benefício prático e relevante observado com a adoção do PlantUML integrado ao GitLab foi a capacidade de gerenciar a documentação de software de forma análoga ao código-fonte.

Conforme o artigo já aponta como uma capacidade da abordagem, a ferramenta permitiu que os diagramas fossem efetivamente versionados e rastreados ao longo do ciclo de vida do projeto. Essa capacidade de rastrear, comparar e, se necessário, reverter alterações nos modelos foi um avanço significativo para a gestão da documentação. Adicionalmente, a equipe da Residência *on-line* explorou a criação de uma documentação rica utilizando arquivos no formato *Markdown* (.md).

Conforme a capacidade de integração da ferramenta, os alunos puderam incorporar os diagramas renderizados diretamente ao lado de textos explicativos e tabelas, prática que centralizou e facilitou a consulta e o entendimento do projeto, mantendo documentação e código no mesmo repositório.

Outro benefício do uso do PlantUML é indireto e foi observado nas três turmas de Engenharia de Software. Por ser uma ferramenta de script com versionamento integrado ao GitLab, foi possível monitorar a contribuição de cada participante no projeto, inclusive na elaboração de diagramas UML,

o que permitiu correlacionar a nota individual de cada participante à sua contribuição no projeto.

O uso de uma ferramenta apenas para trabalhar com tarefas (*issues*), planejamento (*kanban*), atribuição de ações, documentação, código fonte e versionamento para todas as fases do ciclo de vida de um produto de software se mostrou de grande valia. No ambiente de trabalho do laboratório trouxe como benefícios a substituição de ferramentas como draw.io, redmine e gitbook. No ambiente de residência de software, tanto presencial como online, o *onboarding* de residentes ficou simplificado com a necessidade de aprendizado de uma ferramenta e um controle melhor sobre onde os artefatos de projeto são armazenados, trabalhados e compartilhados.

V. Conclusões

A adoção de uma ferramenta declarativa para construção de modelos em UML integrada a um sistema de versionamento mostrou resultados experimentais interessantes tanto para a atuação no dia a dia de um laboratório como em projetos de extensão e em disciplinas de cursos de graduação.

Trabalhar diagramas com alunos de graduação de forma declarativa foi uma experiência que corroborou a efetividade do uso de uma ferramenta de diagramação orientada ao desenvolvedor e não ao *designer* (*diagramming dev tool x design tool*) [3].

Os resultados apresentados indicam um caminho promissor para o trabalho em projetos e disciplinas com alunos de graduação. Há ainda muitos pontos para explorar como o uso de IA neste processo de comunicação e na verificação de implementações existentes através da visualização dos modelos UML, sem entrar em detalhes da linguagem de programação utilizada, conduzindo os alunos na construção de um pensamento crítico sobre o sistema de software em construção e se afastando um pouco dos detalhes de implementação de uma linguagem de programação específica.

VI. Referencias

- [1] A. Conrardy y J. Cabot, "From Image to UML: First Results of Image Based UML Diagram Generation Using LLMs," arXiv, arXiv:2404.11376, 2024, doi: 10.48550/ARXIV.2404.11376.
- [2] W. S. Cunha, H. Costa, y P. A. Parreira Júnior, "Análise de Ferramentas CASE quanto às Boas Práticas de Modelagem de Software com UML," en *XV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software / XV Brazilian Symposium on Software Quality Artigos Técnicos / Research Papers*, 2016, pp. 51–63, doi: 10.5753/sbqs.2016.
- [3] D2. (2025). *D2 Declarative Diagramming* [Online]. Disponible en: <https://d2lang.com/tour/experience>
- [4] M. A. Eliseo, M. Moreira Gois, F. Silva Lopes, y I. C. Alcantara De Oliveira, "Problem-Based Learning Applied to Software Engineering: An Experience Report of The Software Residence," en *Proceedings of the 18th Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO 2023)*, S. Berrezueta, Ed., Singapur: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 131–144, doi: 10.1007/978-981-99-7353-8_11.
- [5] H. G. Fill, P. Fettke, y J. Köpke, "Conceptual Modeling and Large Language Models: Impressions From First Experiments With ChatGPT," *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISAJ)*, vol. 18, n.º 3, pp. 3:1–15, Abr. 2023, doi: 10.18417/EMISA.18.3.
- [6] A. Koç, A. M. Erdoğan, Y. Barjakly, y S. Peker, "UML Diagrams in Software Engineering Research: A Systematic Literature Review," en *The 7th International Management Information Systems Conference*, Mar. 2021, p. 13, doi: 10.3390/proceedings2021074013.

- [7] P. Kruchten, "Architectural Blueprints: The 4+1 View Model of Software Architecture," *IEEE Software*, pp. 42–50, 1995, doi: 10.48550/ARXIV.2006.04975.
- [8] F. S. Lopes y M. A. Eliseo, "Software Residency Practices as a Complement to the Teaching-Learning Process in Software Engineering: An Experience Report," en *2022 XVII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, Armenia, Colombia: IEEE, Oct. 2022, pp. 1–6, doi: 10.1109/LACLO56648.2022.10013402.
- [9] OMG. (2025). *Unified Modeling Language* [Online]. Disponible en: <https://www.uml.org/>
- [10] J. Romeo, M. Raglianti, C. Nagy, y M. Lanza, "Capturing and Understanding the Drift Between Design, Implementation, and Documentation," en *Proceedings of the 32nd IEEE/ACM International Conference on Program Comprehension*, Lisboa, Portugal: ACM, Abr. 2024, pp. 382–386, doi: 10.1145/3643916.3644399.
- [11] PlantUML. (2025). *GitHub PlantUML* [Online]. Disponible en: <https://github.com/plantuml/plantuml>
- [12] E. C. Souza, F. K. Takase, R. L. Costa, y F. S. Aguchiku, "Toward Systematic Software Reuse: From Concept to Modular Software Implementation," en *Advances in Transdisciplinary Engineering*, IOS Press, 2016, Doi: 10.3233/978-1-61499-703-0-818.
- [13] M. T. Valente, *Engenharia de Software Moderna*. Independente, 2022.



Imagen solo de referencia.



Simulación CNC con realidad aumentada como estrategia de aprendizaje inmersivo para la industria 4.0

CNC Simulation with Augmented Reality as an Immersive Learning Strategy for Industry 4.0

Nicolás López Sánchez¹, Lina Mariana Pinzón Pinzón²

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumen: la formación técnica en ingeniería presenta grandes desafíos y retos significativos en la era de la Industria 4.0, donde no solo se requieren conocimientos teóricos, sino también competencias digitales, pensamiento crítico y adaptabilidad a entornos tecnológicos. Una de las principales limitaciones en instituciones públicas de educación superior es el acceso restringido a maquinaria especializada como los tornos CNC, lo cual afecta la calidad del aprendizaje práctico. En este contexto, la Realidad Aumentada (RA) se presenta como una alternativa viable para generar experiencias de aprendizaje inmersivo que integren teoría y práctica de forma segura y accesible. La propuesta responde a una necesidad identificada en la Universidad de Cundinamarca y se alinea con

los requerimientos de la Industria 4.0, al ofrecer una solución tecnológica accesible y replicable en contextos con limitaciones de infraestructura. Este artículo expone una investigación de carácter exploratorio sobre el diseño conceptual de un simulador de torno CNC con RA, dirigido a la formación técnica en ingeniería industrial. Se exponen sus fundamentos pedagógicos, tecnológicos y didácticos que sustentan la propuesta, así como su aplicabilidad en instituciones con características similares.

Palabras clave: Realidad aumentada; simulador CNC; aprendizaje inmersivo; educación técnica; industria 4.0.

¹ Autor correspondiente: Nicolás López Sánchez. Filiación institucional: Universidad de Cundinamarca. País: Colombia, Ciudad: Chía. Correo electrónico: nlopezs@ucundinamarca.edu.co ORCID: 0009-0008-5948-4296

² Autor correspondiente: Lina Mariana Pinzón Pinzón. Filiación institucional: Universidad de Cundinamarca. País: Colombia, Ciudad: Chía. Correo electrónico: lmarianapinzon@ucundinamarca.edu.co ORCID: 0009-0007-9445-9371

Abstract: Technical training in engineering faces significant challenges in the context of Industry 4.0, where theoretical knowledge alone is not enough, and digital skills, critical thinking, and adaptability to technologized environments are essential. One of the main limitations in public higher education institutions is the restricted access to specialized machinery such as CNC lathes, which hinders the quality of practical learning. In this context, Augmented Reality (AR) emerges as a viable alternative to create immersive learning experiences that safely and accessibly integrate theory and practice. This article presents an exploratory study on the conceptual design of a CNC lathe simulator with AR, aimed at technical training in industrial engineering. It explains the pedagogical, technological, and didactic foundations that support the proposal, as well as its viability for institutional contexts with infrastructure limitations.

Keywords: Augmented reality; CNC simulator; immersive learning; technical education; Industry 4.0.

I. Introducción

En la actualidad, los ingenieros no solo deben dominar conceptos técnicos fundamentales, sino también adaptarse rápidamente a entornos industriales altamente digitalizados y en constante transformación. En este contexto surge la denominada Industria 4.0, una nueva etapa en la evolución industrial caracterizada por la integración de tecnologías digitales, que permiten conectar máquinas, procesos y datos en tiempo real para optimizar la producción [1]. Estas exigencias se intensifican, demandando habilidades como el pensamiento computacional, la autonomía, la adaptabilidad a sistemas inteligentes y el manejo de tecnologías emergentes como la Realidad Aumentada (RA), la cual es una tecnología que permite integrar elementos virtuales tales como imágenes, objetos 3D o información, en el entorno real, mediante el uso de cámaras, sensores y software especializado como Vuforia. [2]

Sin embargo, esta visión de formación avanzada contrasta con la realidad que enfrentan muchas ins-

tituciones públicas de educación superior (Flórez, 2025). En estos contextos, la escasez de maquinaria especializada como los tornos CNC (Control Numérico Computarizado), limita significativamente el aprendizaje práctico. Un torno CNC es una máquina herramienta automatizada que, mediante instrucciones digitales conocidas como G-code, permite mecanizar piezas con alta precisión [3].

Su operación tradicional requiere conocimientos técnicos, como la interpretación de planos de fabricación, programación en G-code, selección adecuada de herramientas de corte, ajustes de parámetros de velocidad y avance, así como principios de seguridad industrial y acceso a equipos físicos, lo que aumenta la complejidad y el costo de su implementación en entornos educativos. El G-code es un lenguaje de programación utilizado para controlar máquinas CNC. A través de comandos, este lenguaje define movimientos, velocidades, trayectorias y operaciones que debe ejecutar la herramienta de mecanizado [4]. El dominio de este lenguaje es fundamental para comprender la lógica de funcionamiento de los sistemas CNC y su correspondencia con el entorno digital simulado. Esta brecha entre teoría y práctica no solo afecta el desarrollo de competencias técnicas, sino que también impacta la motivación, la autonomía y la preparación profesional de los estudiantes.

Ante esta problemática, la Realidad Aumentada se presenta como un recurso viable para fortalecer el aprendizaje práctico. Su capacidad de superponer elementos virtuales sobre el entorno físico facilita experiencias inmersivas, seguras y replicables, incluso en condiciones de infraestructura limitada. Investigaciones tales como [5] y [4] han demostrado que la RA mejora la comprensión de conceptos abstractos, fomenta la participación y refuerza el aprendizaje significativo, lo que le convierte en una herramienta de alto potencial para la formación técnica.

Este artículo presenta una investigación de carácter exploratorio centrada en el diseño conceptual de un simulador de torno CNC con apoyo de RA. La propuesta responde a una necesidad identificada en la Universidad de Cundinamarca y se

alineada con los requerimientos de la Industria 4.0, al ofrecer una solución accesible, escalable y adaptada a las condiciones de instituciones con recursos limitados. Se exponen los fundamentos pedagógicos, tecnológicos y didácticos que la sustentan, así como su aplicabilidad como estrategia de aprendizaje inmersivo en el ámbito de la ingeniería. En este caso, el aprendizaje inmersivo se aborda con un enfoque didáctico que busca involucrar activamente al estudiante en experiencias realistas y significativas, favoreciendo la retención y comprensión de los contenidos [6].

II. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Para llevar a cabo el desarrollo de esta propuesta, se parte de una revisión de tres componentes fundamentales. Primero, el torno CNC, el cual constituye una herramienta indispensable en el proceso de mecanizado industrial por su capacidad para ejecutar cortes precisos controlados por instrucciones digitales (G-code). Luego, se considera el enfoque pedagógico de la simulación educativa, entendida como un entorno digital que reproduce condiciones de uso de una herramienta o sistema real con fines de enseñanza y entrenamiento. Un simulador educativo facilita el aprendizaje sin los riesgos ni costos del entorno físico [7] y [8], especialmente como se fundamenta en el modelo de aprendizaje experiencial propuesto por Kolb, el cual plantea que el conocimiento se construye a través de la experiencia directa [9].

En este contexto, Unity se incorpora como la plataforma de desarrollo central para el modelado 3D, interacción y lógica del simulador, debido a su versatilidad, compatibilidad multiplataforma y amplia adopción en proyectos educativos y de realidad aumentada [10]. Finalmente, se incorpora la Realidad Aumentada, una tecnología emergente que ha demostrado su eficacia en ambientes de enseñanza técnica al combinar elementos virtuales con el mundo real de forma interactiva. [2]

La realidad aumentada se puede clasificar en diferentes niveles según la forma en que se integran y reconocen los elementos virtuales en el entorno real. Entre estos, se utiliza la RA basada en marcadores, la cual utiliza imágenes o patrones visuales específicos (tales como códigos QR o imágenes planas) que son detectados por la cámara del dispositivo para superponer contenido digital en posiciones precisas. Este nivel lo se empleo porque facilita la implementación y comprensión de la realidad aumentada el uso de marcadores simplifica la interacción del usuario con el entorno virtual [2].

Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) multiplataforma, esta tecnología se utiliza en sectores como la educación, facilitando la visualización y manipulación de información digital en contextos del mundo real [11]. Su SDK (Software Development Kit) permite a desarrolladores de distintas disciplinas colaborar en la creación de aplicaciones que combinan elementos visuales, interactivos y funcionales, enriqueciendo la experiencia del usuario como por ejemplo en la formación académica e industrial [12].

En este punto es importante destacar que la ejecución del simulador no requiere infraestructura especializada ni equipos de alto costo. Para su funcionamiento basta con un dispositivo móvil de uso cotidiano que cumpla condiciones mínimas: al menos 2 GB de memoria RAM, 500 MB de espacio de almacenamiento disponible, conexión a internet estable y una cámara integrada. Se sugiere que el dispositivo no supere los cinco años de antigüedad, de modo que cuente con la capacidad de procesamiento y compatibilidad necesarias para ejecutar aplicaciones en Unity con Vuforia de manera fluida. Estas especificaciones aseguran la accesibilidad del simulador a la mayoría de los estudiantes sin requerir inversión adicional en hardware.

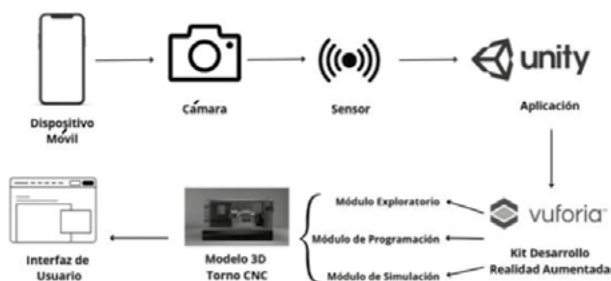
2.2 Métodos

La metodología empleada es de tipo exploratorio y documental, basada en la recopilación y análisis de fuentes bibliográficas, artículos científicos y estudios de caso relacionados con la implementación de tecnologías inmersivas en entornos educativos. Además, se realizó una revisión interna de las condiciones de infraestructura tecnológica en la Universidad de Cundinamarca, con el fin de identificar las necesidades específicas a las que podría responder el simulador.

El diseño propuesto del simulador contempla tres módulos interactivos que permiten al estudiante pasar progresivamente del reconocimiento de la máquina a su programación y, finalmente, a la simulación del proceso de mecanizado. Las herramientas tecnológicas previstas para el desarrollo incluyen Unity para el modelado e interacción 3D, y Vuforia como motor de RA para su integración en dispositivos móviles. Esta elección responde a su compatibilidad con plataformas accesibles y su capacidad de ofrecer experiencias inmersivas sin requerir hardware costoso o especializado.

El modelo de aprendizaje experiencial de Kolb, según [9] se basa en un ciclo de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Este ciclo permite que el aprendiz se involucre directamente en una actividad, reflexione sobre ella, genere conceptos teóricos y luego aplique esos conceptos en nuevas situaciones. En este contexto, el modelo es especialmente relevante, ya que la simulación con RA ofrece una experiencia concreta e inmersiva que facilita la reflexión y el aprendizaje activo, lo que alinea con las necesidades de formación práctica y adaptativa que demanda la Industria 4.0. Así, el modelo de Kolb sustenta la eficacia de la RA para promover un aprendizaje profundo y significativo en entornos industriales modernos.

Figura 1. Arquitectura del Simulador CNC con RA



Nota: fuente elaboración propia (2025).

Como se muestra en la Figura 1, la arquitectura del simulador CNC con Realidad Aumentada fue diseñada bajo principios de accesibilidad, modularidad y viabilidad pedagógica, con el objetivo de responder a las limitaciones de infraestructura presentes en muchas instituciones públicas de educación superior. Esta propuesta integra tecnologías de bajo costo y uso extendido, como dispositivos móviles convencionales, aprovechando los recursos ya disponibles en el entorno estudiantil. La cámara y los sensores de estos dispositivos permiten la implementación de la capa de realidad aumentada mediante el motor Vuforia, mientras que Unity, por su versatilidad y adopción en el ámbito educativo, se utiliza como plataforma central para el modelado 3D, la lógica de interacción y la integración de los módulos del sistema.

La estructura se compone de tres módulos pedagógicos diferenciados: el exploratorio (visualización e identificación del torno), el de programación (ejecución y validación de G-code) y el de simulación (representación animada del proceso de mecanizado). Esta estructura modular permite replicar el flujo de trabajo industrial real sin inversión en maquinaria física, resolviendo así la carencia de laboratorios especializados identificada en la Universidad de Cundinamarca.

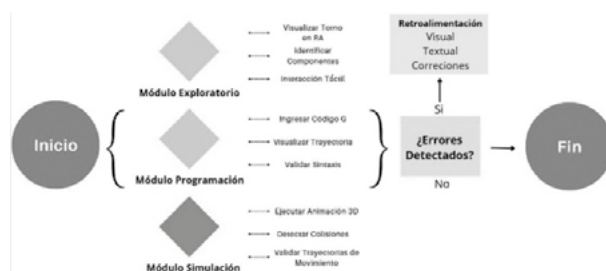
III. Resultados

La propuesta del simulador de torno CNC con RA surge como una respuesta innovadora frente a la limitada disponibilidad de equipos físicos para la formación técnica en instituciones como la Universidad de Cundinamarca. En este caso, el resultado central de esta etapa de la investigación es un prototipo inicial, que combina integra simulación y tecnologías inmersivas para favorecer el aprendizaje práctico, el cual incluye los diferentes módulos:

- **Módulo Exploratorio:** permite al estudiante visualizar el torno CNC en un entorno aumentado e identificar sus partes, funciones y mecanismos. Este módulo busca familiarizar al usuario con el entorno físico de la máquina mediante una experiencia visual y táctil asistida por marcadores o reconocimiento de planos.
- **Módulo de Programación:** en esta fase, el usuario podrá ingresar comandos en código G y visualizar la trayectoria que seguirá la herramienta. Este módulo permite que el estudiante relacione la lógica del código con su efecto en el mecanizado, promoviendo el razonamiento lógico y el análisis de errores.
- **Módulo de Simulación:** una vez programado el torno, el sistema ejecuta una animación que representa el proceso de mecanizado en 3D. El estudiante podrá observar los movimientos, identificar posibles fallas como colisiones o trayectorias inválidas, y recibir retroalimentación inmediata, ya sea visual o textual.

La posibilidad de simular operaciones reales sin exponerse a riesgos físicos y sin generar costos de material convierte esta herramienta en una solución particularmente ventajosa para entornos educativos, especialmente en instituciones donde el acceso a maquinaria real es limitado o nulo.

Figura 2. Flujo de interacción del estudiante con los módulos del simulador CNC



Nota: fuente elaboración propia (2025).

La Figura 2 presenta el flujo de interacción del estudiante con los módulos del simulador CNC con Realidad Aumentada, estructurado en una secuencia pedagógica diseñada para emular el aprendizaje en entornos productivos reales. Este flujo inicia en el Módulo Exploratorio, donde el estudiante interactúa táctilmente con la visualización aumentada del torno, lo que facilita el reconocimiento de sus componentes y disminuye la curva de aprendizaje inicial. A continuación, en el Módulo de Programación, el usuario ingresa comandos en lenguaje G-code, visualiza la trayectoria esperada de la herramienta en RA y valida la sintaxis del código. Posteriormente, el sistema ejecuta una simulación en 3D que permite observar el comportamiento físico del mecanizado virtual.

En caso de errores como trayectorias inválidas o colisiones, se activa un sistema de retroalimentación visual y textual que orienta al estudiante en el proceso de corrección. Este ciclo de validación y ajuste finaliza una vez que los movimientos son exitosamente ejecutados. El flujo no solo representa una secuencia técnica, sino una ruta de aprendizaje experiencial fundamentada en la acción, la reflexión y la mejora progresiva. Al permitir la experimentación sin riesgos ni desperdicio de materiales, esta interacción encarna el principio de "aprender haciendo", clave en la formación técnica, especialmente en instituciones con recursos limitados.

Figura 3. Articulación entre los módulos y el ciclo experiencial de Kolb (Ciclo de Kolb aplicado al simulador)



Nota: fuente elaboración propia (2025).

La Figura 3 ilustra la articulación entre los módulos del simulador y el ciclo de aprendizaje experiencial propuesto por Kolb, evidenciando la coherencia pedagógica sobre la cual se construyó su diseño instruccional. En este modelo, el aprendizaje se estructura como un proceso cíclico compuesto por cuatro fases interconectadas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa.

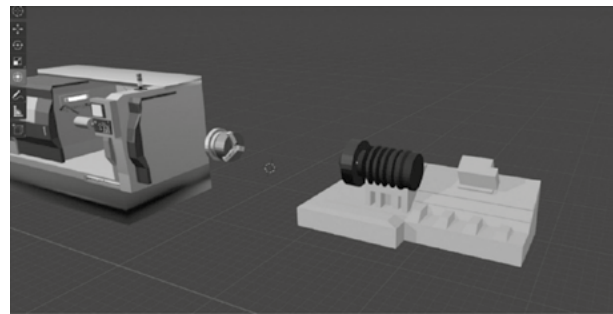
En el contexto del simulador, el Módulo Exploratorio se vincula directamente con la experiencia concreta, al permitir al estudiante manipular visualmente los componentes del torno en un entorno aumentado. Posteriormente, durante la fase de observación reflexiva, el usuario analiza los resultados generados por la simulación en 3D, identificando errores de ejecución o trayectorias incorrectas.

Esta reflexión da paso a la conceptualización abstracta, representada por el ingreso y ajuste del código G, donde se aplican conocimientos teóricos para prever y modelar el comportamiento de

la herramienta. Finalmente, la experimentación activa ocurre cuando el sistema retroalimenta al estudiante con resultados inmediatos, impulsando la mejora continua a través del reintento y la corrección.

Esta articulación no solo fortalece el aprendizaje práctico, sino que también impulsa el desarrollo de competencias metacognitivas como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la adaptabilidad, competencias que resultan fundamentales en los entornos industriales avanzados propios de la Industria 4.0.

Figura 4. Modelos elaborados en Blender para el prototipo inicial



Nota: fuente elaboración propia (2025).

La Figura 4 muestra los modelos tridimensionales elaborados en Blender que dieron forma al prototipo inicial del simulador CNC con Realidad Aumentada. Estos modelos constituyen la representación digital del torno y sus diferentes partes, tanto internas como externas, los cuales son fundamentales para articular los diferentes módulos descritos previamente y al ser integrados posteriormente en Unity y Vuforia, los modelos permiten al estudiante interactuar con una réplica virtual del torno CNC, facilitando tanto la identificación de partes como la comprensión del efecto del código G sobre el proceso de mecanizado.

IV. Discusión

Esta propuesta permite reflexionar sobre el papel transformador que puede tener la tecnología inmersiva en la educación técnica. La Realidad Aumentada no solo posibilita la reproducción digital en entornos de aprendizaje, sino que también brinda al estudiante la oportunidad de interactuar con ellos, favoreciendo la apropiación del conocimiento a través de la experiencia.

En la Universidad de Cundinamarca, este tipo de herramienta puede ser particularmente útil, ya que se ajusta a las restricciones presupuestales y, al mismo tiempo, mejora las condiciones de aprendizaje práctico. La propuesta no pretende reemplazar las prácticas físicas, sino complementarlas, ofreciendo al

estudiante la posibilidad de entrenarse previamente y cometer errores sin consecuencias reales.

Autores como [1] y [13] destacan que este tipo de simulaciones permiten aplicar metodologías activas, fomentando la autonomía, la motivación y la resolución de situaciones reales. Asimismo, la implementación de esta tecnología estaría alineada con los objetivos de la Industria 4.0, que exige egresados con habilidades digitales avanzadas, pensamiento crítico y capacidad de adaptación a entornos inteligentes. Desde una perspectiva institucional, la viabilidad de este proyecto radica en su escalabilidad, bajo costo de implementación comparativa y potencial de adaptarse a otros procesos industriales.

Tabla 1. Tabla comparativa: Simulador RA vs Método tradicional

Criterio	Realidad Aumentada (RA)	Método Tradicional
Accesibilidad	Disponible en cualquier dispositivo móvil	Requiere laboratorio físico
	Acceso ilimitado	Horarios restringidos
		Disponibilidad limitada
Costo	Baja inversión inicial	Alta inversión en maquinaria
	Sin costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento
	Sin consumo de materiales	Consumo de materiales
Seguridad	Entorno virtual sin riesgos	Riesgo de accidentes
	Permite cometer errores sin consecuencias	Daño a piezas o errores
		Requiere supervisión constante
Retroalimentación	Inmediata y visual	Tarda en detectarse
	Detección automática de errores	Destruyativa (material dañado)
	Corrección en tiempo real	Requiere intervención constante
Flexibilidad	Aprendizaje autónomo	Depende de recursos físicos
	Escenarios personalizables	Escenarios limitados
	Actualizaciones remotas	Actualizaciones costosas
Preparación 4.0	Desarrollo de competencias digitales	Enfoque en habilidades tradicionales
	Familiariza con tecnologías emergentes	Desactualización tecnológica
	Promueve pensamiento computacional	Brecha digital

Nota: fuente elaboración propia (2025).

La Tabla 1 presenta una comparación estructurada entre el método tradicional de enseñanza y la implementación de un simulador basado en Realidad Aumentada (RA), destacando sus ventajas en términos de accesibilidad, costo, seguridad, retroalimentación, flexibilidad y preparación para la Industria 4.0. La RA permite el acceso ilimitado desde cualquier dispositivo móvil, lo cual elimina la dependencia de laboratorios físicos y horarios restringidos, favoreciendo una mayor equidad e inclusión educativa [14].

En cuanto al costo, aunque el desarrollo e implementación de soluciones de realidad aumentada (RA) puede implicar una inversión inicial significativa, especialmente en el desarrollo de software y adquisición de dispositivos, diversos estudios muestran que esta inversión se amortiza rápidamente. La RA elimina gastos recurrentes asociados al consumo de materiales físicos y reduce la necesidad de mantenimiento de maquinaria, lo que la convierte en una alternativa rentable para instituciones con recursos limitados.

Además, al facilitar el acceso a contenidos digitales y simulaciones virtuales, se reducen costos logísticos como transporte y materiales impresos, generando un ahorro sustancial a mediano y largo plazo. Por ejemplo, la formación basada en tecnologías inmersivas puede reducir hasta en un 50% los costos totales cuando se aplica a grupos numerosos, gracias a la eficiencia en el tiempo de aprendizaje y la reutilización de recursos digitales [15], [16].

Uno de los diferenciales más relevantes es la seguridad, ya que el entorno virtual sin riesgos, permite que los estudiantes cometan errores sin consecuencias materiales o físicas, una característica esencial frente a los accidentes comunes en talleres tradicionales [17]. Además, la RA proporciona retroalimentación inmediata, con detección automática de errores y visualización de resultados, facilitando un aprendizaje autónomo y personalizado que potencia la autorregulación del estudiante [18]. Esta flexibilidad se refleja también en la capacidad de personalizar escenarios y realizar actualizacio-

nes remotas, aspectos que resultan imposibles en entornos físicos rígidos.

En el contexto formativo, el simulador con RA también responde a las demandas de la Industria 4.0, al fomentar competencias digitales, pensamiento computacional y familiarización con tecnologías emergentes [19]. Mientras tanto, el enfoque tradicional tiende a perpetuar habilidades desactualizadas, lo que puede generar una brecha tecnológica en los egresados. No obstante, es importante reconocer desafíos adicionales como el acceso desigual a la tecnología, la necesidad de capacitación docente y las consideraciones éticas asociadas al uso de datos [20]. A pesar de estos retos, la RA representa una transformación significativa de la experiencia educativa, alineándola con las exigencias del entorno productivo actual.

Es importante señalar que, aunque existen antecedentes de simuladores en torno CNC apoyados en realidad virtual [1], [4], hasta el momento no se han identificado experiencias documentadas que utilicen específicamente la realidad aumentada para la simulación de un torno CNC. En este sentido, el presente trabajo constituye una aproximación novedosa al integrar RA en este campo.

En el caso de la Universidad de Cundinamarca la incorporación del simulador de torno CNC con Realidad Aumentada en la malla curricular puede realizarse de manera gradual en asignaturas como Modelación Computacional (cuarto semestre) o Procesos de Mecanizado (quinto semestre), en las cuales los estudiantes inician el contacto formal con la programación de CNC y el análisis de trayectorias.

La estrategia de implementación contempla que el docente introduzca el software durante las sesiones teóricas, explicando los requerimientos básicos de instalación en dispositivos móviles, así como el uso de marcadores previamente preparados en el aula. Gracias a que el simulador está organizado en módulos explicativos, explorativos y prácticos, se facilita su integración tanto en actividades de clase como en tareas individuales. Por ejemplo, el estudiante puede desarrollar de

manera autónoma la práctica #1 en su dispositivo, mientras que en la sesión presencial se discuten los errores más frecuentes y se realizan ejercicios de corrección guiados. Este modelo de adopción no solo permite fortalecer el aprendizaje experiencial, sino que también amplía las oportunidades de práctica sin depender de la disponibilidad de equipos físicos del laboratorio.

V. Conclusiones

Los desafíos actuales en la educación técnica requieren respuestas creativas, viables y adaptadas a las realidades institucionales. En este caso, el diseño conceptual del simulador de torno CNC con Realidad Aumentada se presenta como una estrategia que no solo responde a una necesidad identificada en la Universidad de Cundinamarca, sino que también constituye un primer paso hacia las competencias que exige la Industria 4.0.

Más allá de ser una alternativa tecnológica, esta propuesta y su prototipo representa un cambio en la manera de concebir el aprendizaje práctico, la posibilidad de integrar simulación, interactividad y retroalimentación inmediata en un entorno accesible y seguro permite al estudiante aprender haciendo, teniendo en cuenta sus errores y mejorando progresivamente.

Asimismo, el enfoque pedagógico empleado, basado en el aprendizaje experiencial, demuestra que el uso de RA no debe limitarse a reproducir escenarios físicos, sino que puede generar nuevas formas de enseñar, más significativas y motivadoras. Al facilitar la comprensión del código G, simular procesos reales y permitir múltiples intentos sin consecuencias físicas, el simulador se convierte en un puente entre la teoría y la práctica, especialmente útil en contextos donde los recursos son limitados.

Finalmente, aunque el simulador aún no se ha implementado en su totalidad, su diseño conceptual, su fundamentación técnica y prototipo sientan las bases para avanzar hacia una validación en el aula. Este paso será clave para medir su impacto real en el aprendizaje, recoger percepciones de

estudiantes y docentes, y escalar su uso a otros procesos industriales o instituciones con características similares.

VI. Referencias

- [1] H. R. García Mira, "Desarrollo de un entorno inmersivo para el manejo de un torno Fagord-CNC," Tesis de grado, Universidad de Cantabria, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/35784>.
- [2] T. Cárdenas López, "Sistema de realidad aumentada para la capacitación en un torno industrial por medio de la detección de marcadores basados en descriptores clásicos," M.S. thesis, Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., Aguascalientes, Ags., México, 2021.
- [3] J. A. Robayo, "Diseño de un sistema de realidad virtual escalable para simular la utilización de un torno híbrido industrial," Tesis de M.S., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83814>
- [4] E. R. Pozo Safla, S. M. Aquino Arroba, and M. A. Ordoñez Viñán, "Ampliación de la realidad virtual en el mecanizado mediante torno CNC de un peón de ajedrez," Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, vol. 6, no. 5, pp. 1234-1258, 2021.
- [5] J. Cabero-Almenara, E. Vázquez-Cano, and E. López-Meneses, "Use of Augmented Reality Technology as a Didactic Resource in University Teaching," Formación universitaria, vol. 11, no. 1, pp. 25-34, 2018. DOI: 10.4067/S0718-50062018000100025.
- [6] J. B. Ayala Pezzutti et al., "Mundos virtuales y el aprendizaje inmersivo en educación superior," Propósitos y Representaciones, vol. 8, no. 1, 2020. DOI: 10.20511/pyr2020.v8n1.430.

- [7] J. B. Ayala Moreno, O. L. Agudelo Velásquez, and R. N. Lizcano Reyes, "El uso de simuladores en el aula, una mirada desde la investigación en tecnologías educativas en Colombia," in *EDUCación con TECnología: un compromiso social. Aproximaciones desde la investigación y la innovación*, 2018, pp. 267-272. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8278565>.
- [8] G. A. Contreras Gelves and P. Carreño Moreno, "Simuladores en el ámbito educativo: Un recurso didáctico para la enseñanza," *Ingenium*, vol. 13, no. 25, pp. 107-119, 2012.
- [9] E. M. Espinar Álava and J. A. Vigueras Moreno, "El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual," *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. 39, no. 3, 2020. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0257-43142020000300012&lng=es&nr-m=iso&tlng=es.
- [10] N. A. Jaramillo Aguiar and R. E. Macas Narváez, "Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada que apoye el proceso de enseñanza—Aprendizaje del uso de los equipos del Laboratorio de Máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) de la Carrera de Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana," Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19078>.
- [11] Unity Technologies, "Unity User Manual (2018.4)," [En línea]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/Unity-Manual.html>. Consultado: 19 de septiembre de 2025.
- [12] R. A. Lobo Quintero, J. S. Santoyo-Díaz, and W. Briceño-Pineda, "EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos," *Revista Digital Educación En Ingeniería*, vol. 14, núm. 27, pp. 65-71, 2019, doi: 10.26507/rei.v14n27.930.
- [13] Y. Forero Páez, "Empleo de la simulación como estrategia de enseñanza en Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Manizales UAM@," Tesis de grado, Repositorio Institucional UNAL, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58965>.
- [14] J. C. Almenara, B. F. Róbles, and V. M. Díaz, "Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario," *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 20, no. 2, pp. Article 2, 2017. DOI: 10.5944/ried.20.2.17245.
- [15] "¿Es más cara la formación en Realidad Virtual?," *Innovae*, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.innovae.com/es-mas-cara-la-formacion-en-realidad-virtual-que-la-tradicional/>. [Consultado: 18 de junio de 2025].
- [16] "Realidad aumentada en la educación: 8 ejemplos de su uso," *Mundana*. [En línea]. Disponible en: <https://www.mundana.us/blog/realidad-aumentada-en-la-educacion>. [Consultado: 18 de junio de 2025].
- [17] J. F. Cadavieco, M. Á. P. Sevillano, and M. F. M. F. Amador, "Realidad Aumentada, Una Evolución De Las Aplicaciones De Los Dispositivos Móviles," *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, vol. 41, pp. 197-210, 2012.

- [18] J. C. Almenara, J. B. Osuna, and Ó. G. Pérez, "La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de información," *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, pp. 15-46, 2018. DOI: 10.51302/tce.2018.221.
- [19] C. P. Espinosa, "Realidad aumentada y educación: Análisis de experiencias prácticas," Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, vol. 46, pp. 187-203, 2015.
- [20] H. A. C. Ruiz, F. Y. M. Jiménez, and M. J. S. Barón, "Realidad aumentada (RA): Aplicaciones y desafíos para su uso en el aula de clase," *Educación y Ciudad*, vol. 35, pp. Article 35, 2018. DOI: 10.36737/01230425.v0.n35.2018.1969.



Imagen solo de referencia.



Realidade Virtual para a Empatia no Design Thinking: Uma Proposta para o Ensino de Graduação

*Virtual Reality for Empathy in Design Thinking: A
Proposal for Undergraduate Education*

Lucas Artacho¹, Romero Tori²

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumo: este artigo apresenta uma intervenção pedagógica que investiga o uso da realidade virtual como recurso complementar à etapa de empatia no ensino de design thinking. A aplicação ocorre com estudantes de engenharia, que utilizam uma simulação em primeira pessoa para vivenciar restrições motoras semelhantes às enfrentadas por cadeirantes em atividades cotidianas. Participam dois grupos: um controle e outro experimental, exposto à experiência em realidade virtual. A coleta de dados está em andamento e inclui escalas de empatia (IOS e IRI), questionário de presença (SUS), entrevistas semiestruturadas e análise das entregas

projetuais. O estudo busca compreender o impacto da vivência imersiva nos níveis de empatia percebida e na qualidade das soluções desenvolvidas.

Palavras-chave: Realidade Virtual; Design Thinking; Empatia.

Abstract: This paper presents a pedagogical intervention that investigates the use of virtual reality as a complementary resource in the empathy stage of teaching design thinking. The intervention is being carried out with engineering students, who experience a first-person simulation that repro-

¹ Autor correspondiente: Lucas Artacho. Filiación institucional: Universidade de São Paulo. País: Brasil, Ciudad: São Paulo. Correo electrónico: lucasfa@usp.br ORCID: 0009-0006-3030-2538

² Autor correspondiente: Romero Tori. Filiación institucional: Universidade Virtual do Estado de São Paulo. País: Brasil, Ciudad: São Paulo. Correo electrónico: romero.tori@univesp.br ORCID: 0000-0001-9381-9565

duces motor restrictions similar to those faced by wheelchair users in daily activities. Two groups participate: a control group and an experimental group exposed to the virtual reality experience. Data collection is in progress and includes empathy scales (IOS and IRI), a presence questionnaire (SUS), semi-structured interviews, and analysis of project outcomes. The study aims to understand the impact of immersive experiences on perceived empathy and on the quality of proposed solutions.

Keywords: Virtual Reality; Design Thinking; Empathy.

I. Introdução

O Design Thinking (DT) tem se consolidado como uma abordagem eficaz para a resolução de problemas complexos e socialmente relevantes, ao articular empatia, colaboração e experimentação em processos iterativos. Em seu modelo clássico, popularizado por Tim Brown da IDEO [1], o DT é estruturado em cinco etapas: empatia, definição, ideação, prototipagem e teste. É uma abordagem que se destaca por seu caráter empático e colaborativo. A ênfase em compreender o contexto e as experiências do usuário é uma etapa inicial crucial que determina o sucesso das fases subsequentes [2]. No entanto, em diversas aplicações em setores como educação, saúde e gestão, a essência empática da metodologia tende a ser relegada a um papel secundário ou interpretada de forma superficial, resultando em soluções que podem não atender adequadamente às necessidades dos usuários finais [3].

Nesse cenário, as tecnologias imersivas, como a realidade virtual (RV), têm se mostrado promissoras para promover empatia ao permitir que usuários experimentem, de forma simbólica, a perspectiva de outras pessoas. Segundo Slater [4], a sensação de “presença”, estar fisicamente em um ambiente virtual, é essencial para que as experiências provoquem reações emocionais autênticas. Essa percepção é potencializada pelo conceito de *embodiment*, que ocorre quando o usuário se sente incorporado ao corpo virtual, intensificando a iden-

tificação com o avatar. Estudos indicam que assumir temporariamente um corpo diferente pode modificar atitudes e percepções, fenômeno conhecido como efeito Proteus [5]. De acordo com Oliveira e Tori [6], experiências imersivas bem conduzidas podem não apenas ampliar a empatia, mas também desencadear mudanças comportamentais significativas, especialmente em contextos educacionais.

Diante desse panorama, este artigo propõe a utilização da realidade virtual como ferramenta complementar à etapa de empatia no ensino de DT, com foco na formação de estudantes universitários. Por meio de uma experiência imersiva em primeira pessoa, a simulação busca sensibilizar os participantes para os desafios enfrentados por usuários de cadeiras de rodas no cotidiano urbano. A intervenção, fundamentada nos princípios discutidos, utiliza uma aplicação em RV que simula as restrições motoras vivenciadas por uma pessoa cadeirante. A ideia surgiu da observação recorrente de que muitos estudantes tratam a etapa de empatia como uma formalidade, com entrevistas superficiais e pouca conexão emocional com os usuários. O objetivo é investigar o impacto dessa vivência imersiva tanto nos níveis de empatia dos estudantes quanto na forma como compreendem e articulam as necessidades dos usuários em suas entregas projetuais.

II. Método e proposta de intervenção

O experimento ocorre com duas turmas: uma turma controle (sem intervenção em RV) e uma turma experimental, que vivencia a simulação em RV. Ambas as turmas seguem o mesmo conteúdo programático da disciplina, com a diferença da intervenção aplicada quando os alunos iniciam a etapa de empatia. A comparação entre os grupos busca identificar possíveis impactos da experiência imersiva nos níveis de empatia percebida, nas abordagens adotadas para a compreensão dos usuários e nas entregas resultantes.

2.1 Participantes

Participam do estudo estudantes de graduação de um curso de engenharia, matriculados em uma disciplina introdutória de projeto que utiliza abordagens de DT. A amostra estimada é de aproximadamente 120 alunos, distribuídos igualmente entre dois grupos. Os grupos pertencem a semestres distintos e são conduzidos por professores diferentes, porém ambos seguem o mesmo conteúdo programático, com diretrizes comuns para aplicação da disciplina e acompanhamento padronizado da intervenção. Os critérios de inclusão envolvem a participação ativa nas atividades da disciplina e o consentimento formal para a coleta de dados, conforme aprovação do comitê de ética.

2.2 Materiais

A intervenção utiliza a aplicação Mr. UD [7], desenvolvida por universidades europeias, que oferece simulações em realidade virtual de restrições motoras, visuais e auditivas. A escolha da ferramenta se deve à sua capacidade de apresentar, em primeira pessoa, situações cotidianas enfrentadas por pessoas com deficiências, em particular cadeirantes, o que ainda é pouco explorado no contexto educacional brasileiro. A simulação deve ser realizada com o uso do head-mounted display (HMD) Meta Quest 2, com controles manuais e o participante posicionado em uma cadeira de rodas real. A movimentação no ambiente virtual será feita de forma natural, exigindo que o participante utilize as rodas da cadeira para se deslocar, o que reforça o envolvimento físico e sensorial com a experiência. As sessões são individuais, em laboratório, com acompanhamento de um membro da equipe de pesquisa.

A experiência proposta aborda a atividade cotidiana de uma ida ao mercado. Nela, o participante recebe uma lista de compras e precisa se locomover até as gôndolas do supermercado, coletar os itens e colocá-los no carrinho. Ao longo da simulação, o usuário se depara com obstáculos como prateleiras altas de difícil alcance, dificuldade em manipular objetos e movimentar-se simultaneamente, além da fadiga gerada por movimentos repetitivos ao longo de uma sessão de aproximadamente quinze

minutos. Essas situações buscam gerar desconforto e reflexão, incentivando uma tomada de perspectiva mais profunda sobre os desafios enfrentados por pessoas com mobilidade reduzida.

Figura 1. Simulação da experiência em realidade virtual “Mr. UD”, na qual o participante, posicionado em cadeira de rodas real, realiza uma atividade cotidiana de compras em um mercado virtual



Fonte: Lodz University of Technology [7].

Os instrumentos de coleta de dados incluem a escala *Inclusion of Other in the Self* (IOS) [8], que avalia graficamente o grau de proximidade percebida entre o participante e o outro; o Índice de Reatividade Interpessoal (IRI) [9], para identificar mudanças nas dimensões afetiva e cognitiva da empatia; e o questionário Slater-Usch-Steed (SUS) [10], que mensura a sensação de presença na experiência virtual. Complementam as análises as rubricas de avaliação das entregas, com critérios como profundidade na definição de personas e coerência projetual, aplicadas a atividades individuais e em grupo. Ao final da disciplina, as propostas são apresentadas em uma feira de projetos e avaliadas por um painel externo de especialistas, com base em critérios como empatia, viabilidade e inovação.

2.3 Procedimentos

A coleta de dados ocorre em três momentos principais: no início da disciplina, durante a etapa de empatia e ao final do semestre. Inicialmente, os estudantes respondem a um breve questionário com dados demográficos, informações sobre experiência prévia com DT e grau de contato declarado

com pessoas que usam cadeira de rodas. Esses dados auxiliam na análise de variáveis que possam influenciar os resultados, contribuindo para uma leitura mais qualificada dos níveis de empatia e da qualidade das entregas projetuais.

A simulação em RV tem duração aproximada de 15 minutos. Após a experiência, os participantes do grupo de intervenção respondem a uma entrevista semiestruturada, com duração média de 25 minutos. Os dados coletados são analisados de forma integrada, combinando abordagens quantitativas (escalas e avaliações) e qualitativas (entrevistas e observações), com o objetivo de identificar diferenças significativas entre os grupos em termos de empatia percebida, presença na experiência imersiva e profundidade das soluções projetuais desenvolvidas.

Tablea 1. Resumo dos procedimentos aplicados nos grupos controle e experimental

Momento	Grupo Controle	Grupo Experimental (com RV)
Início da disciplina	Aplicação de IOS e IRI	Aplicação de IOS e IRI
Intervenção em RV	-	Simulação em RV (Mr. UD) Aplicação de IOS e SUS Entrevistas semiestruturadas
Após etapa de empatia	Aplicação de IOS e IRI	Aplicação de IOS e IRI
Final do semestre	Análise das entregas com base em rubricas de avaliação	Análise das entregas com base em rubricas de avaliação

Fonte: elaboração própria.

2.4 Indicadores de análise

Os dados serão analisados por meio de triangulação entre métodos quantitativos (escalas IOS, IRI e SUS) e qualitativos (entrevistas, observações e entregas). A avaliação das entregas se baseará em rubricas previamente definidas. A análise buscará identificar diferenças significativas entre os grupos,

com atenção à variação dos níveis de empatia percebida, à qualidade das justificativas de projeto e à presença de reflexões sobre acessibilidade e inclusão. Entrevistas e observações serão codificadas tematicamente para captar nuances na percepção dos estudantes sobre a experiência imersiva.

III. Considerações Finais e Próximos Passos

Este artigo apresentou uma proposta de intervenção pedagógica que utiliza a realidade virtual como recurso complementar à etapa de empatia no ensino de design thinking. Ao vivenciar restrições físicas em primeira pessoa, espera-se que os estudantes desenvolvam maior sensibilidade e conexão com realidades diversas, aprimorando a escuta e a compreensão das necessidades dos usuários. O experimento foi estruturado em duas turmas de engenharia, com grupo controle e grupo experimental, a fim de avaliar o impacto da vivência imersiva em termos de empatia percebida e qualidade das soluções projetuais. Embora a análise comparativa entre os grupos ainda esteja em andamento, a intervenção já foi iniciada com os estudantes e testes pilotos confirmaram a viabilidade técnica e pedagógica do protocolo. Dessa forma, o artigo não apenas detalha a proposta metodológica, mas também oferece subsídios iniciais para sua replicação e para a discussão de seus potenciais impactos educacionais.

3.1 Limitações do estudo

Algumas limitações devem ser consideradas. A comparação entre turmas de semestres diferentes, conduzidas por professores distintos, pode introduzir vieses relacionados ao perfil dos alunos e ao estilo de ensino; para mitigar esse risco, foram definidos materiais padronizados, rubricas comuns de avaliação e protocolos alinhados. Também se destaca a dependência de infraestrutura tecnológica específica, que pode dificultar a replicação em outros contextos, bem como o possível efeito de novidade da tecnologia, que tende a gerar entusiasmo inicial não necessariamente associado a ganhos duradouros de empatia.

3.2 Próximos passos

Os próximos passos envolvem a continuidade da coleta de dados, abrangendo os grupos controle e experimental, e a análise triangulada dos instrumentos quantitativos (IOS, IRI e SUS), das entrevistas semiestruturadas e das entregas projetuais. Busca-se validar a proposta como metodologia pedagógica aplicável ao ensino de engenharia e potencialmente replicável em outras áreas, contribuindo para práticas educacionais mais sensíveis, humanizadas e centradas no usuário.

IV. Referencias

- [1] T. Brown, "Design Thinking," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 86, pp. 84–92, 2008.
- [2] F. Vazquez y E. Junqueira, "Design thinking, a nova gestão da criatividade," *Dataset Rep.*, vol. 3, no. 1, pp. 241–246, 2024, doi: 10.58951/dataset.2024.039.
- [3] F. Cauduro y C. Prado, "Design thinking: inovação na formação docente em enfermagem," *Rev. Enferm. Cent.-Oeste Min.*, vol. 12, 2022, doi: 10.19175/recom.v12i0.3435.
- [4] M. Slater, "Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments," *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1535, pp. 3549–3557, 2009.
- [5] N. Yee, J. N. Bailenson, y N. Ducheneaut, "The Proteus effect: Implications of transformed digital self-representation on online and offline behavior," *Commun. Res.*, vol. 36, no. 2, pp. 285–312, 2009.
- [6] B. S. Oliveira y R. Tori, "Mídias imersivas no reforço e mudança comportamental: uma revisão sistemática," *Rev. Bras. Inform. Educ.*, vol. 29, pp. 1291–1311, 2021, doi: 10.5753/rbie.2021.2122.
- [7] Lodz University of Technology, "MRUD – Mixed Reality on Universal Design's Secret Service," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mrud.p.lodz.pl>. [Consultado: 6 de septiembre de 2025].
- [8] A. Aron, E. N. Aron, y D. Smollan, "Inclusion of Other in the Self Scale and the structure of interpersonal closeness," *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 63, no. 4, pp. 596–612, 1992, doi: 10.1037/0022-3514.63.4.596.
- [9] L. R. Sampaio, P. R. B. Guimarães, C. Camino, N. Formiga, y I. Menezes, "Estudos sobre a dimensionalidade da empatia: tradução e adaptação do Interpersonal Reactivity Index (IRI)," *Psico*, vol. 42, pp. 1–12, 2011.
- [10] M. Slater, M. Usoh, y A. Steed, "Depth of presence in virtual environments," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 3, no. 2, pp. 130–144, 1994.





Compreendendo o Uso da Inteligência Artificial Generativa por Professores da Educação Básica no Brasil

Understanding the Use of Generative Artificial Intelligence by Basic Education Teachers in Brazil

Paulo César Polastri¹, Flávia Linhalis², Julio Cesar dos Reis³

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/09/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumo: este estudo investiga como os professores do ensino fundamental e médio no Brasil estão incorporando ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (GenAI) em suas práticas pedagógicas, com foco no planejamento das aulas e no desenvolvimento de materiais instrucionais. Fundamentada em uma revisão sistemática da literatura realizada entre 2023 e 2024, esta pesquisa sintetiza seis estudos empíricos que refletem as aplicações atuais do GenAI na educação básica. A análise centra-se em quatro dimensões: usos pedagógicos do GenAI, ferramentas e tecnologias empregadas, desafios e limitações enfrentadas pelos educadores e implicações para a autoria docente. Os resultados

indicam que, embora o ChatGPT seja a ferramenta mais adotada, sua integração nas práticas de ensino permanece desigual e exploratória. Os professores usam o GenAI principalmente para gerar planos de aula, exemplos, avaliações e materiais inclusivos. No entanto, questões recorrentes como imprecisões conceituais, desalinhamento com os currículos nacionais, falta de infraestrutura e literacia digital limitada foram identificadas como barreiras para uma implementação eficaz. Notavelmente, nossas descobertas destacam o surgimento de dinâmicas híbridas de autoria, nas quais os professores atuam como curadores e coautores de conteúdo gerado por IA. Este estudo contribui para o debate em

¹ Autor correspondiente: Paulo César Polastri. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: polastri@unicamp.br ORCID: 0009-0000-5709-7235

² Autor correspondiente: Flávia Linhalis. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: flalin@unicamp.br ORCID: 0000-0002-1884-8830

³ Autor correspondiente: Julio Cesar dos Reis. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: dosreis@unicamp.br ORCID: 0000-0001-9543-8715

curso sobre o potencial pedagógico do GenAI na educação básica, reforçando a necessidade de formação direcionada de professores, desenvolvimento de quadros éticos e políticas públicas que apoiem o uso responsável, crítico e contextualizado das tecnologias da IA.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; IA na educação; Autoria de professores; Pedagogia digital; Tecnologia educacional.

Abstract: This study investigates how primary and secondary school teachers in Brazil are incorporating Generative Artificial Intelligence (GenAI) tools into their pedagogical practices, with a focus on lesson planning and the development of instructional materials. Grounded in a systematic literature review conducted between 2023 and 2024, this research synthesizes six empirical studies that reflect current applications of GenAI in basic education. The analysis centers on four dimensions: pedagogical uses of GenAI, tools and technologies employed, challenges and limitations faced by educators, and implications for teacher authorship. Results indicate that while ChatGPT is the most commonly adopted tool, its integration into teaching practices remains uneven and exploratory. Teachers primarily use GenAI to generate lesson plans, examples, assessments, and inclusive materials. However, recurrent issues such as conceptual inaccuracies, misalignment with national curricula, lack of infrastructure, and limited digital literacy were identified as barriers to effective implementation. Notably, our findings highlight the emergence of hybrid authorship dynamics, in which teachers act as curators and co-authors of AI-generated content. This study contributes to the ongoing debate on the pedagogical potential of GenAI in basic education, reinforcing the need for targeted teacher training, development of ethical frameworks, and public policies that support responsible, critical, and contextualized use of AI technologies.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; AI in education; Teacher authorship; Digital Pedagogy; Educational Technology.

I. Introdução

A Educação Básica no Brasil representa um importante vetor de políticas públicas e inovações pedagógicas, abrangendo cerca de 47,1 milhões de matrículas em 2024, distribuídas entre Educação infantil, ensino fundamental e médio [6]. No ensino fundamental, concentram-se mais de 26 milhões de estudantes, aproximadamente 73% na rede pública [10]. Já o ensino médio conta com cerca de 7,8 milhões de matrículas em todas as redes de ensino [10]. No total, mais de 2,4 milhões de professores atuam na Educação Básica no Brasil, o que torna a investigação sobre o trabalho na rotina escolar estratégica, buscando melhorias no planejamento e produção de conteúdos, que devem dialogar diretamente com as necessidades de um sistema educacional brasileiro.

A popularização das ferramentas digitais baseadas em Inteligência Artificial Generativa (IAGen) vem gerando transformações significativas em diversos setores, inclusive na Educação. Ferramentas generativas de texto, como o ChatGPT, Claude e Gemini vêm sendo usadas por professores para planejar aulas, criar e adaptar materiais a diferentes níveis de aprendizagem e propor atividades, otimizando o tempo e a qualidade do planejamento pedagógico [8][15]. Essa transformação é impulsionada por uma cultura digital que favorece a aplicação de tecnologias digitais na educação [16].

Apesar da crescente difusão dessas ferramentas, estudos indicam que o uso de IAGen na Educação Básica ainda é marcado por desafios técnicos e lacunas formativas [5]. Embora muitos professores estejam experimentando soluções de IAGen, como tutores inteligentes e geradores de conteúdo, o uso ainda é exploratório e emergente, limitado por formação inicial insuficiente e insegurança quanto à confiabilidade das respostas geradas pelos sistemas. Tais limitações são apontadas por Holmes et al. [5] ao discutirem o risco de uso de assistentes de IA por professores sem o devido letramento.

Nesse cenário, é necessário compreender motivações, modos de uso e as estratégias adotadas pelos professores para integrar essas tecnologias

às suas práticas diárias. O trabalho de Pedro *et al.* [12] reforça a relevância de se compreender como professores transformam a tecnologia em práticas no cotidiano escolar. Como sugerem Pimentel, Azevedo e Carvalho [13], entramos na era da autoria híbrida, na qual a produção de textos, materiais e ideias pode envolver contribuições interdependentes entre humanos e IAs. Nesse contexto, o professor se torna usuário, curador e coautor de práticas pedagógicas mediados por algoritmos.

Este artigo objetiva investigar como professores da Educação Básica no Brasil têm utilizado ferramentas de IAGen em atividades como o planejamento de aulas e apoio pedagógico. Analisamos os principais recursos utilizados e os desafios enfrentados. As questões de pesquisa que orientam este estudo são:

1. Como a IAGen está sendo usada pelos professores como apoio na preparação de aulas?
2. Quais ferramentas de IAGen têm sido utilizadas?
3. Quais os desafios e limitações percebidos pelos docentes?

Esta investigação é fundamentada em uma revisão sistemática de literatura e em uma análise qualitativa que sintetiza evidências empíricas de práticas com IAGen na Educação Básica. Contribuímos com o campo da educação oferecendo um panorama atualizado sobre as práticas docentes com IAGen e ao indicar caminhos para a formação de professores no contexto educacional permeado por tecnologias digitais inteligentes.

Os resultados desta investigação revelam que o uso da IAGen na Educação Básica no Brasil está presente em práticas pedagógicas diversas, embora de forma incipiente e desigual. Os professores analisados utilizam ferramentas de IAGen principalmente para apoiar o planejamento de aulas, produção de materiais didáticos e resolução de atividades, com destaque para autoria híbrida entre humano e máquina. Os estudos evidenciam limitações relevantes, como a baixa acurácia, desalinhamento

com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [2], sobrecarga na revisão dos conteúdos gerados e ausência de formação docente específica.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve trabalhos relacionados; a Seção 3 apresenta a metodologia utilizada; a Seção 4 descreve os resultados; a Seção 5 discute os mesmos; e a Seção 6 conclui o trabalho.

II. Trabalhos Relacionados

Pesquisas recentes têm explorado o uso da IAGen por professores da Educação Básica, trazendo elucidações sobre as práticas pedagógicas, percepções docentes e desafios enfrentados na integração dessas tecnologias no ambiente escolar.

Um estudo conduzido por Costa *et al.* [4] realizou um mapeamento sistemático da literatura sobre IA na Educação Básica, analisando publicações entre 2019 e 2023. Os autores identificaram que, embora a IA tenha potencial para personalizar o ensino e melhorar a aprendizagem, a formação dos professores ainda não acompanha o ritmo acelerado do desenvolvimento tecnológico. Essa lacuna formativa contribui para uma resistência por parte dos docentes em adotar a IA como recurso educacional.

O trabalho de Queiros *et al.* [14] apresentou um estudo que investiga a aplicação de ferramentas de IA na Educação Básica com foco na atuação docente. A pesquisa destaca que a IA pode ser utilizada como apoio no planejamento de aulas, na personalização do ensino e na mediação da aprendizagem. No entanto, relatam problemas, como a falta de políticas públicas voltadas à formação dos professores, ausência de infraestrutura adequada nas escolas e desconhecimento sobre o funcionamento técnico das ferramentas. O estudo sugere a implementação de programas de capacitação que abordem o uso funcional da IA e suas implicações éticas e pedagógicas, permitindo uma apropriação mais crítica e consciente de tais tecnologias educacionais.

No trabalho de Souza & Cordeiro [19], foi discutida a inserção da IA nos currículos da Educação Básica e suas implicações para o trabalho docente. O estudo propõe uma reflexão sobre a presença da IA como tema transversal, defendendo que sua incorporação exige acesso a ferramentas digitais tecnológicas, requer a ressignificação do papel do professor e a reformulação das práticas pedagógicas. O estudo aponta que a formação docente atual ainda é insuficiente para lidar com os desafios, especialmente à mediação crítica do conhecimento e à construção de competências digitais complexas. Eles ressaltaram a importância de políticas educacionais que orientem e apoiem o uso da IA de forma contextualizada e alinhada aos princípios da educação emancipadora.

O trabalho de Silva & Gregorio [17] apresentou o desenvolvimento de um estudo qualitativo com professores da Educação Básica sobre o uso de ferramentas de IA em suas práticas pedagógicas. A investigação revelou que os docentes reconhecem o potencial da IA para auxiliar no planejamento de aulas e na produção de conteúdos educacionais personalizados. Entretanto, relataram dificuldades relacionadas à falta de preparo técnico, limitações no acesso às tecnologias e a insegurança quanto à confiabilidade das respostas. O estudo conclui que, embora haja interesse crescente por parte dos professores, a adoção da IA no contexto escolar ainda depende de investimentos em formação continuada, suporte técnico e construção coletiva de boas práticas de uso responsável da tecnologia.

Esses estudos evidenciaram que, embora haja um reconhecimento crescente do potencial da IA na Educação Básica, sua implementação efetiva enfrenta alguns desafios, especialmente relacionados à formação docente e à elaboração de políticas educacionais que promovam o uso ético e eficaz dessas tecnologias. Adicionalmente, observamos uma lacuna sobre estudos que sistematizem uma revisão da literatura e análise formas e experiências de uso da IAGen pelos professores da Educação Básica, bem como os desafios enfrentados. Essa é a principal contribuição do nosso presente estudo.

III. Metodologia

Adotamos como principal base empírica e metodológica uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o uso da IAGen na Educação Básica no Brasil. A RSL foi conduzida com o objetivo de mapear e descrever experiências práticas e propostas de uso da IAGen por professores do Ensino Fundamental e Médio. Para conduzir a RSL, utilizamos as diretrizes de Kitchenham & Charters [7].

Diante disso, este artigo tem como objetivo investigar o nível de conhecimento docente, os principais recursos utilizados e os desafios enfrentados. Dessa forma, as questões de pesquisa que orientam este estudo são:

1. Como a IAGen está sendo usada pelos professores como apoio na preparação de aulas?
2. Quais ferramentas de IAGen têm sido utilizadas?
3. Quais os desafios e limitações percebidos pelos docentes?

Os critérios de inclusão considerados foram:

- Estudos que tratam de aplicações da IA no Ensino Básico no Brasil.
- Artigos que retratam o uso da IA para planejamento dos professores.
- Publicações recentes (entre 2023 e 2024).

Foram excluídos estudos que:

- Enfocam exclusivamente a Educação a Distância (EaD).
- Estão restritos ao contexto do Ensino Superior.
- Artigos de revisão de literatura.
- Não mencionam uso da IAGen pelos professores.

A busca pelos artigos foi realizada no dia 18 de dezembro de 2024, por meio do Portal de Periódicos da CAPES, utilizando a equação de busca:

Os seguintes filtros foram aplicados:

- Escopo da Busca: Todos.
- Tipo de Material: Artigos.
- Ano de criação: 2023 – 2024.

Destacamos os estudos e relatos que abordam diretamente a atuação docente com IAGen no contexto da Educação Básica. Os dados foram organizados em categorias derivadas das perguntas de pesquisa.

Como critério de qualidade, consideramos a clareza dos estudos identificados sobre o uso que os professores fizeram da IAGen para realizar o planejamento de aulas. Para decidir se um estudo atendia aos critérios de inclusão, foram lidos o título e o resumo. Os artigos foram separados em pastas na ferramenta Zotero. Em seguida, os critérios de exclusão e de qualidade foram aplicados, restando 6 artigos para compor o corpus final de nossa análise qualitativa.

IV. Resultados

Esta seção apresenta os trabalhos obtidos com base na análise realizada, com foco em experiências docentes com IAGen na Educação Básica. A Tabela 1 apresenta uma síntese dos trabalhos analisados.

4.1 Questão 1: Como a IAGen está sendo usada pelos professores para ajudar a preparar aulas?

O estudo apresentado por Silva & Kampff [18] parte de uma situação ocorrida durante uma aula de História em uma escola pública de ensino médio, em que os alunos, de forma espontânea, começaram a utilizar o ChatGPT para realizar atividades propostas pelo professor. O episódio, tornou-se o ponto de partida para uma reflexão mais ampla (por parte do professor) sobre o papel da IA no cotidiano escolar e sobre o próprio papel do docente frente à presença dessa tecnologia. A forma de uso pedagógico da IA evoluiu rapidamente de um uso espontâneo e não orientado por parte dos

alunos para uma prática planejada e integrada ao currículo. O professor elaborou uma proposta chamada “Porto Real” — uma cidade fictícia na qual os estudantes deveriam simular, com apoio da IA, diversos aspectos sociais, econômicos e políticos. Nesta cidade, o ChatGPT foi utilizado para gerar personagens, sugerir conflitos e construir enredos, atuando como um mediador criativo no processo de aprendizagem ativa e interdisciplinar.

O estudo relatado por Marcom & Barros [9], de natureza exploratória, foi realizado com docentes de diversas áreas do conhecimento, os quais relataram experiências recentes com a IA no: 1) preparo de aulas, 2) elaboração de atividades avaliativas, 3) redação de textos explicativos, e 4) organização de sequências didáticas. O uso pedagógico é concentrado no apoio ao planejamento docente, especialmente em três frentes: elaboração de planos de aula, geração de questões de múltipla escolha e discursivas, e produção de resumos e explicações de conteúdos curriculares. A IA é percebida como um assistente textual, capaz de acelerar processos mecânicos e de prover ideias iniciais que podem ser adaptadas conforme o estilo e a realidade da turma.

Tabela 1. Síntese dos trabalhos analisados

Autores	Uso da IA no preparo de aulas	Ferramentas utilizadas	Desafios e limitações
[18]	Planejamento de narrativas e simulações didáticas em História; uso de IA para gerar personagens e conflitos em cidade fictícia.	ChatGPT	Respostas superficiais ou imprecisas; necessidade de curadoria docente; limitações conceituais da IA.
[9]	Geração de planos de aula, questões, resumos e explicações de conteúdo curricular; preparação pedagógica.	ChatGPT	Falta de alinhamento com a BNCC; erros conceituais; uso passivo da IA sem criticidade.

[1]	Apoio à criação de problemas e explicações em Matemática; estratégias de resolução e reflexão em sala.	ChatGPT	Respostas incorretas ou rasas em problemas complexos; risco de dependência estudantil.
[11]	Produção de roteiros, audiodescrição, vídeos com legenda para turmas com diferentes perfis de aprendizagem.	ChatGPT, Canva + IA, sintetizadores de voz	Limitações técnicas; sobrecarga no tempo de revisão; falta de apoio institucional.
[15]	Utilização do ChatGPT para resolver questões matemáticas, verificar respostas e apoiar a elaborar atividades.	ChatGPT	Geração de respostas incorretas ou pouco claras; necessidade de revisão docente e validação dos cálculos.
[3]	Geração de sequências didáticas, avaliações e materiais via engenharia de prompts; sistematização do processo de criação com IA.	ChatGPT	Dificuldade inicial em elaborar prompts eficazes; revisão obrigatória de conteúdo; risco de respostas genéricas ou fora do contexto.

Observação: elaboração própria.

O trabalho de Borba & Balbino Junior [1] descreveu uma experiência pedagógica na qual o ChatGPT foi utilizado como ferramenta de apoio para o ensino de Matemática. A proposta consistiu em explorar o potencial da IA na resolução de problemas matemáticos e na geração de explicações alternativas para conceitos como função, razão, proporção e equações do 1º grau. A iniciativa teve como foco promover o raciocínio crítico e a análise de diferentes estratégias de resolução. A forma de uso pedagógico adotada envolveu utilizar o ChatGPT como um interlocutor para testar hipóteses, comparar abordagens e verificar resultados. O docente também utilizou a IA durante o planejamento, gerando exemplos e questões a serem discutidas em sala. A ferramenta foi empregada como um recurso complementar, ampliando o repertório didático.

O estudo conduzido por Moreira *et al.* [11] explorou as potencialidades da IA na produção de materiais didáticos acessíveis e personalizados, com foco na promoção de uma educação inclusiva. O trabalho descreveu práticas em que professores utilizaram ferramentas de IAGen para adaptar conteúdos a diferentes estilos de aprendizagem e às necessidades específicas dos estudantes, como alunos com deficiência visual ou dificuldades de leitura, com suporte à elaboração de recursos como infográficos, mapas conceituais, roteiros de leitura simplificada, vídeos animados com legenda e narração, e versões áudio descritas de textos. A IAGen foi integrada ao planejamento pedagógico, possibilitando que o professor criasse com mais agilidade materiais diversos, respeitando os princípios do desenho universal para a aprendizagem (DUA).

O trabalho de Santos, Sant'Ana e Sant'Ana [15] apresentou uma análise exploratória do uso do ChatGPT como ferramenta de apoio ao ensino da Matemática na Educação Básica. O estudo foi realizado com base em interações feitas por professores com a ferramenta, a fim de avaliar sua capacidade de gerar planos de aula, resolver problemas matemáticos e explicar conceitos. O objetivo foi investigar de que maneira a IAGen pode contribuir para o planejamento docente e a prática pedagógica na área de Matemática. Considerando o uso pedagógico da IAGen, os autores [15] destacaram que o ChatGPT pode funcionar como uma fonte de apoio à elaboração de atividades, sobretudo ao sugerir estratégias de resolução de problemas e ao propor explicações alternativas para temas específicos.

A ferramenta foi utilizada como um suporte ao processo criativo do docente, ampliando o repertório de possibilidades didáticas. O estudo de Carvalho & Corrallo [3] apresentou uma proposta metodológica estruturada para o uso do ChatGPT no planejamento e produção de recursos didáticos por professores da Educação profissional e técnica, partindo da premissa de que o uso efetivo da IAGen em contextos educacionais exige o domínio técnico da ferramenta e a capacidade de realizar a engenharia de prompts alinhada aos objetivos pedagógicos. O uso pedagógico da IAGen envolveu o emprego do

ChatGPT como um coautor na elaboração de sequências didáticas, roteiros de atividades, propostas avaliativas e materiais complementares. A metodologia proposta articula etapas progressivas, como a definição do objetivo de aprendizagem, a estrutura de um prompt e análise crítica da resposta gerada pela IAGen, realizando os ajustes necessários para o contexto educacional desejado.

A Tabela 2 apresenta uma análise de como a IAGen é usada pelos professores como apoio na preparação de aulas.

4.2 Questão 1: Como a IAGen está sendo usada pelos professores para ajudar a preparar aulas?

No trabalho de Silva & Kampff [18], a ferramenta utilizada foi exclusivamente o ChatGPT, aproveitada como geradora de conteúdo textual e simuladora de papéis sociais. A IAGen foi tratada como uma “personagem colaborativa” dentro do processo educativo, sendo usada diretamente pelos alunos durante o desenvolvimento das atividades e também pelo professor para planejar os roteiros e cenários.

Tabela 2. Análise de como a IAGen está sendo usada pelos professores para ajudar a preparar aulas

Questão 1: Como a IAGen está sendo usada pelos professores como apoio na preparação de aulas?	
Autores	
[18]	Criação de contextos ficcionais e personagens históricos, como parte do planejamento de atividades simuladas em História. O professor guiava e organizava os conteúdos gerados para construir narrativas com os alunos.
[9]	Gerar planos de aula, perguntas de avaliação, resumos e explicações de conteúdo curricular. A IA funcionou como um “gerador inicial” de ideias e conteúdo, que eram revistos e adaptados pelos docentes.
[1]	Elaborar problemas de matemática e sugerir explicações alternativas. Professores utilizaram essas saídas no planejamento das aulas, adaptando os exemplos para as necessidades de cada turma.

[11]	Produzir materiais acessíveis e personalizados (roteiros, vídeos, resumos) voltados a alunos com diferentes perfis de aprendizagem, como parte do planejamento inclusivo de aulas.
[15]	Sugerir planos de aula, resolver problemas e gerar explicações em Matemática; a IA funcionou como apoio ao planejamento, com revisão e adaptação docente.
[3]	Geração de sequências didáticas completas via engenharia de prompts de forma sistemática, materiais avaliativos e propostas de atividades, com revisão e edição por parte dos professores.

Observação: elaboração própria.

A ferramenta utilizada na investigação apresentada por Marcom & Barros [9] foi o ChatGPT, com uso variado conforme a disciplina e os objetivos do docente. Os professores relataram utilizar diferentes estratégias de engenharia de prompts para guiar a IAGen na produção de conteúdos mais precisos, e muitos indicaram que ajustam o formato do prompt conforme o tipo de material desejado, seja uma questão de prova, uma dinâmica de grupo ou um resumo teórico.

Borba & Balbino [1] utilizaram o ChatGPT. A escolha da ferramenta se baseou na capacidade de formular respostas explicativas, resolver operações e dialogar com linguagem natural, facilitando sua integração às atividades de aula. O uso da IAGen foi promovido como um meio de exercitar a validação dos resultados matemáticos.

No trabalho de Moreira et al. [11] foram utilizadas ferramentas que combinam IAGen com edição visual e textual, como o ChatGPT (para geração de explicações e organização de conteúdos) e o Canva com recursos de IAGen (para produção gráfica automatizada). Em alguns casos, também foram empregados sintetizadores de voz e conversores de texto em vídeo.

A principal ferramenta utilizada por Santos, Sant’Ana e Sant’Ana [15] foi o ChatGPT. A ferramenta foi testada com diferentes tipos de perguntas, desde comandos mais abertos (ex: “Explique o que é fração.”) até tarefas mais complexas (“Resolva

este problema e explique o raciocínio.”). A análise evidenciou que a efetividade variava conforme a complexidade dos tópicos e a clareza dos prompts. Isso exigiu do professor um papel ativo de revisão, seleção e adaptação dos materiais gerados.

No trabalho de Carvalho & Corrallo [3], a principal ferramenta utilizada foi o ChatGPT. O diferencial do trabalho residiu na sistematização dos processos de interação com a IAGen, transformando o uso da ferramenta em uma prática pedagógica intencional e replicável. Em [3] foi proposta uma estrutura de “template de prompts” com orientações para professores em formação ou iniciantes no uso da tecnologia.

Na Tabela 3 é apresentada uma análise geral de quais ferramentas de IAGen e como elas têm sido utilizadas pelos professores da Educação Básica no Brasil.

Tabela 3. Análise de quais ferramentas de IAGen têm sido utilizadas

Autores	Questão 2: Quais ferramentas têm sido utilizadas?
[18]	ChatGPT: Utilizado para criar cenários fictícios e personagens históricos. A IA respondia com base em situações simuladas propostas pelos alunos, funcionando como geradora de enredos.
[9]	ChatGPT: Empregado para gerar planos de aula, questões, resumos, explicações e adaptações de conteúdo. Os professores interagiam com a IA de modo iterativo, testando variações de prompts.
[1]	ChatGPT: Utilizado para resolver problemas matemáticos, sugerir explicações alternativas e apoiar a elaboração de atividades. Professores validavam e editavam as saídas.
[11]	ChatGPT, Canva com IA e sintetizadores de voz com IA: Ferramentas utilizadas para criar materiais, como vídeos com legenda, áudios com leitura de textos e recursos visuais adaptados.
[15]	ChatGPT: Usado para simular respostas de filósofos como Kant, Marx e Nietzsche em atividades de debate. A IAGen respondia como se fosse o autor, promovendo argumentação crítica.

[3]

ChatGPT: Utilizado com engenharia de prompts sistemática para gerar sequências didáticas, planos de aula, materiais avaliativos e textos complementares, com revisão docente.

Observação: elaboração própria.

4.3 Questão 3: Quais os desafios e limitações percebidos pelos docentes?

O estudo de Silva & Kampff [18] destacou a superficialidade de algumas respostas geradas pelas soluções de IAGen, a presença de “alucinações” (informações falsas apresentadas como verdadeiras) e a dificuldade da IAGen em lidar com nuances históricas e sociais complexas. O professor relatou a necessidade de assumir um papel de curador crítico do conteúdo gerado, adaptando as contribuições da IAGen ao contexto pedagógico, aos objetivos da aula e aos conhecimentos prévios dos estudantes.

Entre os desafios citados por Moreira *et al.* [11], os professores relataram dificuldades técnicas relacionadas à conectividade das escolas, à disponibilidade de dispositivos e à adaptação das ferramentas às diretrizes pedagógicas da BNCC [2]. Sinalizaram igualmente a sobrecarga de trabalho docente na fase de revisão e validação de materiais.

Santos, Sant’Ana e Sant’Ana [15] citaram que entre os principais desafios identificados destacam-se a presença de erros conceituais, especialmente em problemas que exigem múltiplas etapas ou interpretação contextual. Também apontaram o risco de superficialidade nas respostas e a necessidade de evitar o uso do conteúdo gerado sem revisões. Outro ponto observado foi o cuidado que o professor deve ter para não substituir sua mediação pedagógica pela ferramenta, utilizando-a, em vez disso, como ponto de partida para aprofundamentos [15].

No trabalho de Carvalho & Corrallo [3] foi mencionada a dificuldade de formulação de prompts eficazes por parte dos professores, além da ocorrência de erros ou respostas genéricas geradas, especialmente quando os comandos são vagos ou ambíguos. Outro ponto crítico foi a necessidade de

revisar os conteúdos produzidos pela IAGen, sendo identificadas inconsistências, imprecisões conceituais ou ausência de alinhamento com os referenciais curriculares oficiais, como a BNCC [2].

A Tabela 4 sintetiza esses desafios e limitações percebidos pelos docentes.

Tabela 4. Análise dos principais desafios e limitações

Autores	Questão 3: Quais os desafios e limitações percebidos pelos docentes?
[18]	Relataram limitações nas respostas geradas pela IAGen, que por vezes eram genéricas ou historicamente imprecisas. Houve necessidade de constante curadoria docente e mediação pedagógica. Professores apontaram incerteza sobre a confiabilidade em atividades formativas.
[9]	Destacaram a superficialidade de muitas respostas, além da dificuldade de alinhamento com a BNCC [2]. Relataram insegurança quanto à fidedignidade das informações e ausência de critérios claros para validação pedagógica. Sinalizaram limitação no tempo docente para revisar conteúdo.
[1]	Professores observaram que a IAGen apresentava dificuldades em problemas mais complexos de Matemática, cometendo erros conceituais. Houve receio de que o uso constante promovesse dependência dos alunos e reduzisse o pensamento crítico.
[11]	Relataram limitações técnicas de infraestrutura (como baixa conectividade e equipamentos inadequados) e sobrecarga de trabalho para revisar os conteúdos gerados pela IAGen. Apontaram falta de apoio institucional para o uso pedagógico dessas tecnologias em contextos de inclusão.
[15]	Presença de erros conceituais em respostas matemáticas; necessidade de validação crítica por parte do professor; preocupações sobre uso excessivo e impacto no raciocínio dos estudantes.
[3]	Os professores enfrentaram desafios na formulação de prompts eficazes e precisos, especialmente entre iniciantes. A necessidade de revisão crítica dos conteúdos gerados foi constante, devido a generalizações, inconsistências e inadequações curriculares. Também apontaram lacunas formativas e ausência de suporte técnico contínuo.

Observação: elaboração própria.

4.4 Síntese e Organização dos Achados

A Tabela 5 apresenta uma síntese das características mais relevantes identificadas nos trabalhos analisados; os símbolos ✓ e ✕, indicam, respectivamente, a presença ou ausência de determinada característica no trabalho correspondente. Uma célula marcada com ✓ refere-se a uma prática ou aspecto identificado no estudo e células com ✕ indicam que a característica não foi observada. Nossa análise revelou um panorama diverso sobre o uso da IAGen por professores da Educação Básica no Brasil, evidenciando potencialidades e desafios enfrentados. A maioria dos estudos analisados indicaram que as ferramentas de IAGen têm sido utilizadas principalmente para geração de planos de aula e criação de materiais didáticos, em diferentes áreas do conhecimento. Há também iniciativas no apoio à resolução de problemas e na personalização de conteúdo para inclusão, práticas ainda menos disseminadas. Por outro lado, os dados revelaram desafios recorrentes: todos os estudos apontaram a necessidade de revisão crítica dos conteúdos gerados, com respostas conceitualmente incorretas ou superficiais. Adicionalmente, a falta de alinhamento com diretrizes curriculares oficiais, como a BNCC [2], e a sobrecarga no trabalho docente foram aspectos amplamente destacados. Esses achados reforçam que, embora a IAGen apresente alto potencial como ferramenta pedagógica, sua adoção eficaz depende de formação docente específica, infraestrutura adequada e práticas de uso crítico e reflexivo.

Tabela 5. Síntese das características identificadas nos trabalhos analisados

Autores	Planos de aula	Materiais didáticos	Apoio a problemas	Inclusão	Prompts refinados	Respostas incorretas	Em desacordo à BNCC	Sobrecarga de revisão
[18]	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓
[9]	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
[1]	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
[11]	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓
[15]	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓
[3]	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓

Observação: elaboração própria.

V. Discussão

Nossos resultados revelaram um panorama dinâmico e em construção sobre o uso da IAGen por professores da Educação Básica no Brasil. Observamos que a IAGen tem sido adotada como assistente pedagógica para múltiplas finalidades, como resolver e explicar problemas matemáticos, criar materiais acessíveis e adaptativos, ou planejar sequências didáticas com base em critérios curriculares. O ChatGPT foi a ferramenta mais recorrente entre os estudos analisados, mas também se destacaram recursos como o MIT App Inventor com extensões de IA, Canva e plataformas híbridas de design e conteúdo didático.

A proposta de Carvalho & Corallo [3] evidenciou que a incorporação qualificada da IAGen no planejamento pedagógico requer o desenvolvimento de competências específicas, como a capacidade de interpretar e adaptar os conteúdos gerados, onde defenderam a inclusão da engenharia de prompts como componente formativo nos cursos de licenciatura e programas de formação continuada de professores, especialmente no contexto da Educação Técnica e Profissional. O trabalho de Silva & Kampff [18] demonstrou que o contato com situações reais (junto aos alunos) pode ser um bom

ponto de partida para o desenvolvimento profissional em torno das tecnologias emergentes.

As experiências relatadas por professores, especialmente nos estudos de Silva & Gregorio [17] e Marcom & Barros [9], revelaram que a IAGen atua como instrumento técnico e como parceira no processo de criação pedagógica. Tais práticas se alinham ao que Pimentel, Azevedo e Carvalho [13] denominam de autoria híbrida humano-IA, em que a prática docente não é substituída pela IAGen, mas redefinida a partir da tecnologia. Nessas situações, o professor se torna mediador e revisor crítico de ideias inicialmente geradas por sistemas digitais, editando a obra e solicitando novos resultados. Essa reconfiguração da autoria reforça a necessidade de letramento digital em IA e de reflexão sobre as possibilidades dessa colaboração.

É essencial a necessidade de desenvolver, nos professores, um conjunto de competências que lhes permita integrar a IAGen de forma pedagógica significativa. Adotar tal tecnologia envolve a capacidade de planejar, adaptar, avaliar e mediar conteúdos produzidos, em diálogo com os objetivos de aprendizagem e com os perfis dos estudantes. Isso demanda competências de natureza didático-reflexiva, epistemológica e criativa. É importante evidenciar que, mesmo quando os docentes se mostram abertos à inovação, eles ainda carecem de repertório teórico e metodológico para incorporar essas ferramentas de maneira coerente com os princípios da educação crítica, inclusiva e contextualizada. Para superar esse desafio são necessárias iniciativas formativas que articulem teoria e prática, promovendo competências digitais alinhadas à pedagogia.

Um dos desafios mais recorrentes observados nos trabalhos analisados é a limitação do letramento digital entre professores. Nesse sentido, a formação continuada deve incluir ensino operacional e aspectos críticos, éticos e interpretativos do uso da IAGen, com o intuito de que os professores utilizem as ferramentas e também as dominem com autonomia e consciência pedagógica.

O uso de Inteligência Artificial na Educação Básica abre caminhos promissores, mas exige compromisso com a formação dos educadores. Isso indica que a atuação docente com IA requer consciência sobre processos de autoria e mediação. Nesse sentido, o conceito de autoria híbrida [13] ajuda a interpretar o uso da IA na prática pedagógica. Ao reconhecer que a produção educacional pode emergir de interações entre humanos e IAGen, abre-se espaço para uma nova epistemologia do planejamento e da docência em que o professor continua sendo protagonista, mas em parceria com IAGen.

Com base em nossa análise crítica dos trabalhos estudados, recomendamos o fortalecimento de políticas que incluam formação docente em IA em programas de formação inicial e continuada; a promoção de iniciativas de letramento em IAGen voltadas para o uso pedagógico e para a compreensão ética e técnica dessas ferramentas digitais; a criação de espaços colaborativos entre professores, universidades e centros de tecnologia; e a ampliação de pesquisas empíricas que analisem o impacto da IAGen na aprendizagem dos estudantes e atuação docente.

VI. Conclusão

O entendimento das experiências e percepções de uso de ferramentas de IAGen por professores do ensino básico ainda é um desafio em aberto. Organizamos e discutimos evidências empíricas do uso pedagógico da IAGen, tecnologias utilizadas e os desafios enfrentados. Nosso estudo forneceu um panorama atualizado sobre os modos de apropriação da IAGen no contexto escolar. Reforçamos a relevância de considerar o papel-chave do professor como um agente mediador capaz de adaptar, criticar, validar e contextualizar o uso da IAGen em benefício da aprendizagem. Investigações futuras visam aprofundar a perspectiva de práticas pedagógicas com autoria híbrida humano-IA, analisando como se constroem sentidos de autoria, criatividade e responsabilidade nesse cenário. Planejamos pesquisar sobre a elaboração e validação de roteiros formativos específicos, que articulem competências digitais, pensamento crítico e curadoria pedagógica no uso

de IAGen. Visamos investigar como os estudantes percebem, respondem e se apropriam de práticas pedagógicas mediadas por IAGen, contribuindo para uma visão mais abrangente do potencial de uso dessa ferramenta. Planejamos ainda realizar a extensão da revisão para outras bases científicas e considerar uma maior diversidade geográfica e, potencialmente, elaborar uma comparação levando em consideração diferentes países e as implicações éticas sobre o uso de IA na educação.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil, projeto #301337/2025-0.

VII. Referencias

- [1] M. C. Borba y V. R. B. Junior, "O ChatGPT e educação matemática," *Educação Matemática em Revista*, vol. 25, no. 3, pp. 142–156, 2023, doi: 10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156.
- [2] Ministério da Educação, "BNCC - Base Nacional Comum Curricular," Brasília, Brasil, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://basenacional-comum.mec.gov.br/>.
- [3] A. C. L. Carvalho y M. V. Corrallo, *Guia Prático: ChatGPT para produção de material didático*. São Paulo, Brasil: Instituto Federal de São Paulo, 2024.
- [4] L. C. Costa, P. A. C. Melonio, V. dos Santos Mendonça Neto, y I. M. R. de Souza Serra, "Inteligência artificial na educação básica: Um mapeamento sistemático da literatura," *Revista Interinstitucional Artes de Educar*, vol. 11, no. 1, pp. 133–152, 2025, doi: 10.12957/riae.2024.85900.

- [5] W. Holmes et al., "Ethics of ai in education: Towards a community-wide framework," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, pp. 1–23, 2022.
- [6] INEP, "Censo escolar da educação básica 2024: Resumo técnico," Publicação institucional, Brasília, Brasil, 2025. [En línea]. Disponible en: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2024.pdf. [Consultado: julio de 2025].
- [7] B. Kitchenham y S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," EBSE Technical Report EBSE-2007-01, Universidad de Keele y Universidad de Durham, Reino Unido, 2007.
- [8] R. Luckin y W. Holmes, *Intelligence unleashed: An argument for ai in education*. Londres, Inglaterra: UCL Knowledge Lab, 2016.
- [9] J. L. R. Marcom, A. P. T. Porto, y D. M. V. Barros, "A formação docente na cibercultura: inovação e acessibilidade," *Dialogia*, no. 47, p. e25578, 2023, doi: 10.5585/47.2023.25578.
- [10] Ministério da Educação – MEC, "Mec e inep contextualizam resultados do censo escolar 2024," gov.br, abril 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gov.br/mec/ptbr/assuntos/noticias/2025/abril/mec-e-inep-contextualizam-resultados-do-censoescolar-2024>. [Consultado: julio de 2025].
- [11] C. A. A. Moreira, P. F. P. França, P. D. Beites, y E. Ersari, "À conversa com o coautor, que o não quis ser, ChatGPT," *RPD*, vol. 8, no. 2, p. e23042, 2023, doi: 10.23926/RPD.2023.v8.n2.e23042.id711.
- [12] F. Pedro, M. Subosa, A. Rivas, y P. Valverde, *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. París, Francia: UNESCO, 2019.
- [13] M. Pimentel, V. Azevedo, y F. Carvalho, "Chat-GPT: a era da autoria híbrida humana/o-IA," *SBC Horizontes*, marzo 2023. [En línea]. Disponible en: <https://horizontes.sbc.org.br/index.php/2023/03/chatgpt-a-era-da-autoria-hibrida/>. [Consultado: 14 de julio de 2025].
- [14] S. D. C. Queiros, F. M. Barreto, J. C. J. d. Freitas, y W. A. Costa, "Ferramentas de inteligência artificial na educação básica," en *Anales del IX Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONEPE)*, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.even3.com.br/anais/ixconepe-471877/957143-ferramentas-de-inteligencia-artificial-na-educacao-basica>.
- [15] R. P. Santos, C. d. C. Sant'Ana, y I. P. Sant'Ana, "O Chat-GPT como recurso de apoio no ensino da matemática," *REVMOP*, vol. 5, p. e202303, 2023, doi: 10.33532/revmop.e202303.
- [16] N. Selwyn, *Should robots replace teachers?: AI and the future of education*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2019.
- [17] C. E. d. Silva y J. M. d. C. Gregorio, "Um breve estudo sobre o uso de inteligência artificial por professores da educação básica: potencialidades e desafios," en *Anales del VII Seminário Internacional do FORTEC*, 2024.
- [18] D. S. d. Silva y A. J. C. Kampff, "A inteligência artificial generativa como ferramenta educativa: perspectivas futuras e lições de um relato de experiência," *Tecnologia em Sociedade e Conhecimento*, vol. 10, no. 2, pp. 102–123, 2023, doi: 10.20396/tsc.v10i2.18364.

- [19] M. S. A. d. O. Souza y L. Z. Cordeiro, "Inteligência artificial no currículo da educação básica: uma abordagem temática no espaço-tempo da universidade," *Revista Espaço Pedagógico*, no. 31, p. e15727, oct. 2024, doi: 10.5335/rep.v31.15727.



Imagen solo de referencia.



Socialquizzles: Gamificando a Resolução Colaborativa de Quizzes Online

SocialQuizzles: Gamifying Collaborative Online Quiz Solving

Gabriel Mazzeu¹, Paula Viriato², Eryck Silva³, Julio Cesar dos Reis⁴

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumo: um dos principais desafios na educação é encontrar maneiras de despertar o interesse dos alunos e aumentar o engajamento na aprendizagem. A gamificação de processos de aprendizagem colaborativa surge como uma abordagem para aumentar o engajamento em atividades em grupo, ampliando as estratégias tradicionais na busca por motivação. Este artigo apresenta o *SocialQuizzles* como um artefato educacional incorporado a um sistema web, aplicando mecanismos colaborativos à resolução de quizzes e caça-palavras em equipe. Nossa solução utiliza Inteligência Artificial (IA) para gerar desafios dinamicamente, garantindo uma experiência interativa. Apresentamos uma apli-

cação da nossa solução. A solução apresenta um quiz em que a escolha de cada aluno conta como um voto e um caça-palavras subsequente cuja dificuldade se adapta com base no desempenho do quiz em grupo. Nossa análise dos resultados indica a viabilidade da arquitetura e sua capacidade de suportar interações simultâneas. Nossos resultados validam o uso do design gamificado em colaboração como uma estratégia eficaz para promover o engajamento coletivo em experiências de aprendizagem aumentada.

Palavras-chave: Gamificação; Quiz; Colaborativo; Caça-palavras; Inteligência Artificial.

-
- ¹ Autor correspondiente: Gabriel Mazzeu. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: gabriel.mazzeu@students.ic.unicamp.br
 - ² Autor correspondiente: Paula Viriato. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: paula.viriato@ic.unicamp.br
 - ³ Autor correspondiente: Eryck Silva. Filiación institucional: Institución Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: eryck@unicamp.br
 - ⁴ Autor correspondiente: Julio Cesar dos Reis. Filiación institucional: Universidade Estadual de Campinas. País: Brasil, Ciudad: Campinas. Correo electrónico: jreis@ic.unicamp.br

Abstract: One of the main challenges in education is finding ways to spark student interest and boost engagement in learning. The gamification of collaborative learning processes emerges as an approach to enhance engagement in group activities, augmenting traditional strategies in the pursuit of motivation. This article presents the *SocialQuizzles* as an educational artifact embedded in a Web system applying collaborative mechanisms to a team-based solving of quizzes and word-search puzzles. Our solution utilizes Artificial Intelligence (AI) to dynamically generate challenges, ensuring an interactive experience. We present an application of our solution. The solution features a quiz where each student's choice counts as a vote, and a subsequent word-search whose difficulty adapts based on the group's quiz performance. Our analysis of the results indicates architecture's feasibility and its capacity to support simultaneous interactions. Our findings validate the use of gamified design in collaboration as an effective strategy for fostering collective engagement for augmented learning experiences.

Keywords: Gamification; Quiz; Collaborative; Word Search; Artificial Intelligence.

I. Introdução

Um dos maiores desafios no contexto educacional é compreender como desenvolver o interesse dos alunos a participarem dos estudos de forma a promover o engajamento no ambiente educativo. Um caminho para atingir esse objetivo é a utilização de recursos digitais que tenham o "propósito de ensinar" e que são auxiliados por elementos digitais interativos, cujo foco é despertar no estudante a motivação para buscar mais conhecimento de forma ativa.

A gamificação (ou *gameful design*) é um conceito complexo, mas que pode elucidar estratégias necessárias para conseguir tal engajamento. Ela pode ser definida como a aplicação de elementos de design de jogos em contextos não-jogo [1]. Isso inclui mecanismos, estética e pensamentos de jogos visando motivar ações, promover aprendizado e resolução de problemas.

Um exemplo prático é um aplicativo de saúde que disponibiliza recompensas/medalhas ao usuário caso metas diárias, ou outras frequências, sejam atingidas, como uma corrida de alguns quilômetros ou uma quantidade de passos dados. Esse tipo de prática usa elementos interativos de um sistema digital para capturar a atenção do usuário e, assim, garantir que ele não se sinta "tão pressionado" a pensar que está fazendo algo "tedioso". Essa abordagem demanda equilíbrio, para evitar que os elementos gamificados possam ser subutilizados ou desviem o foco do objetivo principal para o entretenimento.

A gamificação pode potencializar a busca por engajamento dos usuários e trazer benefícios para a aprendizagem [3]. Como uma possível definição, o engajamento do aluno é uma medida que reflete a quantidade e qualidade de participação de um aluno em atividades de ensino e aprendizagem e todos os outros aspectos do seu programa educacional. A participação estudantil é uma parte crítica da aprendizagem eficiente [2]. Quanto mais oportunidades de resposta e interação, mais facilmente se identifica se esses alunos estão aprendendo.

Entendemos que uma solução didática no contexto digital que saiba utilizar esse conceito tem um grande potencial de retenção de uso, que atenua o desinteresse estudantil. Exemplos que demonstram isso são o Quick Quiz [8] e o Stack Overflow [3], aplicações de software que objetivaram melhorar o engajamento dos usuários através da gamificação e obtiveram resultados positivos com estudantes, que reportaram uma melhora na efetividade de aprendizado.

Este estudo visa conduzir o design, desenvolver e avaliar o *SocialQuizzles*, uma solução que integra questionários colaborativos e *puzzles* de caça-palavras gerados a partir de conteúdos escolhidos pelo educador. A solução tem o propósito de aumentar o engajamento e a aprendizagem ativa em ambientes de aprendizagem digital.

Demonstramos as decisões de design e de desenvolvimento de nossa solução. Apresentamos um caso de aplicação instanciando o *SocialQuizzles*.

Nossa avaliação confirmou a viabilidade técnica do *SocialQuizzles*, com êxito na geração de conteúdo e na interação simultânea dos estudantes, além da modularidade que facilita futuras ampliações da solução.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados; A Seção 3 detalha o design proposto e a implementação desenvolvida; A Seção 4 instancia e apresenta um caso de aplicação da solução para ilustrar seu funcionamento; A Seção 5 discute os resultados e as percepções quanto ao potencial da funcionalidade. A Seção 6 finaliza esse artigo.

II. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm explorado a aplicação de designs gamificados no contexto educacional. Por exemplo, o Quick Quiz [8] utilizou elementos presentes em jogos para ensinar fundamentos de Cálculo de forma mais dinâmica para alunos recém-ingressados na universidade. Chu Rhyme [4] desenvolveu um aplicativo cuja finalidade foi ensinar pilares da antiga cultura chinesa Chu para crianças, por meio de questionários e mini *puzzles* com níveis de dificuldade, pontuações, medalhas, entre outros elementos gamificados.

Augmented Gamified Environment [5] se apresentou como um ambiente que se utiliza da combinação de gamificação e Realidade Aumentada (RA) para ajudar estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) a realizarem pequenas tarefas interativas que têm por objetivo ajudá-los a desenvolver competências comunicativas e socioemocionais.

Para além desses, estudos como o de Souza e Melo [9] demonstraram o potencial de abordagens gamificadas no ensino de programação. O fator colaborativo, em particular, emerge como um elemento positivo para o engajamento discente. A pesquisa apontou que o uso de quizzes em modo gamificado promoveu “outros tipos de discussão entre os alunos” e um “aumento na interação”, resultando em maior motivação e engajamento.

Essa dinâmica de grupo, facilitada por ferramentas digitais, reforça o conteúdo e estimula a participação.

Paralelamente, outra frente de pesquisa explorou o uso da Inteligência Artificial (IA) para mitigar um dos principais desafios da gamificação: o tempo e o esforço que os docentes investem na elaboração manual de conteúdo. A ferramenta AIQuiz [7], por exemplo, foi desenvolvida para gerar perguntas e respostas para quizzes a partir de um tema fornecido pelo professor, visando aliviar esses desafios inerentes a essa preparação. De forma similar, a IA pode ser empregada dinamicamente durante as aulas, com o professor utilizando-a para solicitar a criação de testes e desafios em tempo real [6]. Avaliações desses estudos apontaram resultados positivos, incluindo a percepção de diminuição do esforço docente na criação de materiais e uma alta aceitação dos alunos. Vale ressaltar que, em ambos os cenários, o papel do docente como curador do conteúdo é notado como fundamental, sendo sua responsabilidade revisar e validar as questões geradas antes de aplicá-las.

A contribuição do nosso presente estudo reside na assimilação dessas frentes distintas na construção de uma ferramenta em um sistema Web. Propomos um modelo de jogo que integra um design gamificado em uma dinâmica de resolução colaborativa de questões. Nossa solução explora a IA Generativa para a geração de conteúdo do jogo. Nossa solução desenvolve uma experiência de aprendizagem em que a colaboração é estruturada e o engajamento é motivado.

III. SocialQuizzles

SocialQuizzles é uma solução para o uso colaborativo dos alunos. Trata-se de um questionário (uma sequência de perguntas contendo múltiplas alternativas), cuja resolução é elaborada em grupo. Com base no questionário e no resultado de sua resolução, a solução gera um *puzzle* de caça-palavras.

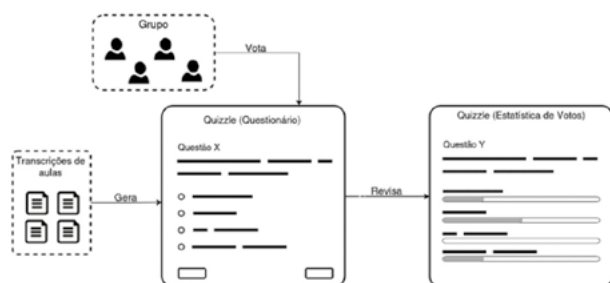
Sua implementação pode ser inserida e avaliada em ambientes de aprendizagem digital. É direcionado

para sistemas digitais que se utilizam de questionários ou planejam inserir essa opção para avaliação do conhecimento dos aprendizes.

3.1 Dinâmica de Uso do Jogo

Ao iniciar um *SocialQuizzle*, um questionário é criado cujas questões são geradas por uma IA Generativa a partir de conteúdos selecionados pelo criador. Os alunos (participantes) prosseguem para responder às questões, escolhendo, entre as alternativas disponíveis, a alternativa que melhor responde ao enunciado de cada questão. A Figura 1 apresenta a dinâmica de um *SocialQuizzle*.

Figura 1. Criação, realização e revisão do questionário



Observação: elaboração própria.

O professor tem a opção de gerar os grupos respondentes. Os grupos podem ser formados de 2 a 4 alunos e são agrupados de forma aleatória. Essa ação de agrupar deve ser manual pelo professor para que aconteça apenas no momento em que se sabe que todos os alunos interessados sejam participantes. Após a formação dos grupos, os membros de cada grupo permanecem inalterados para todos os *SocialQuizzles* pertencentes a esse estudo. A constituição dos grupos dessa maneira permite acumular pontos provenientes da realização de vários *SocialQuizzles*.

Um aspecto gamificado da geração dos grupos são os seus nomes, gerados automaticamente. Esses precisam ser únicos, para viabilizar a identificação. Portanto, são baseados em elementos temáticos, assim não há repetição. Exemplos candidatos podem ser objetos celestiais (e.g. Andromeda,

Sirius, Orion, etc.) ou pedras preciosas (e.g. Rubi, Safira, Obsidiana, etc.), porque possuem inúmeras opções e podem promover curiosidade e interesse dos alunos.

Todos os alunos membros de um mesmo grupo respondem a um mesmo *SocialQuizzle*, ou seja, para os alunos do grupo, todas as questões serão as mesmas, seguindo a mesma ordem e com as mesmas alternativas. Ao escolher uma alternativa, a escolha do aluno conta como um voto para a resposta daquela questão. Conforme os membros do grupo respondem as mesmas questões, as alternativas recebem um percentual de voto o qual decidirá, após todos os membros responderem a questão, qual é a opção final (alternativa) mais votada (mais indicada como resposta) e, portanto, a escolhida pelo grupo para cada uma das questões do questionário.

Os membros do grupo não precisam responder às questões do questionário ao mesmo tempo (i.e., é assíncrono entre os membros). Os questionários possuem dois prazos a serem observados: um tempo limite de realização, que determina o intervalo de tempo que cada aluno pode dedicar para responder às questões após iniciar o questionário; e uma data limite de resposta, que indica até quando o questionário pode ser finalizado pelo grupo.

Embora haja a possibilidade de cada membro do grupo completar o questionário individualmente, a discussão entre os colegas para a concordância na escolha de uma resposta correta desempenha um papel crucial nessa dinâmica. Após o estudante finalizar a resposta ao questionário, o sistema apresenta uma conferência com as estatísticas de respostas (votos), que apresenta qual o percentual de votos das alternativas dos membros que já responderam ao questionário, sem revelar as respostas corretas.

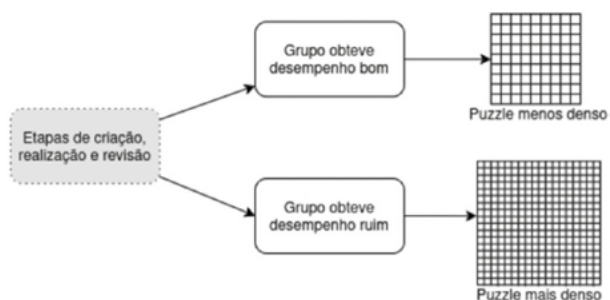
Geração e Resolução do Puzzle. Após todos os estudantes membros do grupo responderem ao questionário, o sistema gera um *puzzle* automaticamente. A partir desse momento, o *puzzle* será apresentado aos estudantes quando acessarem o *SocialQuizzle*, como uma etapa final de avaliação.

O *puzzle* escolhido é um caça-palavras, factível de ser realizado em grupo e compatível com o contexto educacional.

O caça-palavras é gerado automaticamente com os termos escolhidos por IA, a partir dos mesmos conteúdos utilizados nas questões do questionário do *SocialQuizzle*. O objetivo do *puzzle* é retomar uma palavra-chave ou conceito importante sobre cada um dos tópicos considerados no conteúdo do questionário. Cada termo no *puzzle* é acompanhado de uma dica ou pergunta cuja resposta corresponde à palavra a ser encontrada.

O tamanho da grade (linhas x colunas) varia conforme o desempenho do grupo no questionário: quanto mais erros cometidos no questionário, maior o desafio do *puzzle* (cf. Figura 2). Esse escalonamento busca recompensar bons desempenhos sem excluir a possibilidade de recuperação para grupos com menor acerto, conforme detalhado na Seção 3.2.

Figura 2. Caça-palavras (*puzzle*) adaptando-se ao desempenho no questionário



Observação: elaboração própria.

Assim como o questionário, o *puzzle* é resolvido de forma colaborativa pelo grupo e de forma assíncrona, respeitando os seus prazos de data e tempo limite para a realização. Quando um aluno do grupo resolve iniciar o caça-palavras, toda palavra encontrada por ele é registrada e aparece como encontrada para os demais membros do grupo. Isso acontece mesmo se outro estudante, membro do mesmo grupo, estiver resolvendo o caça-palavras ao mesmo tempo. O caça-palavras é atualizado

em tempo real no sistema para todos os membros do grupo. Logo, um aluno(a) que venha a tentar resolver o caça-palavras após a tentativa de outros membros do seu grupo, precisa encontrar apenas os termos ainda não encontrados.

3.2 Pontuação

A pontuação final de um *SocialQuizzle* é a soma dos componentes de questionário (60% do total) e do *puzzle* (40% do total), definidos pelo criador (por exemplo, 60 e 40 pontos, num total de 100). A nota do questionário corresponde ao percentual de acertos, e a do caça-palavras ao percentual de palavras encontradas.

Para equilibrar o desempenho, aplica-se um fator multiplicativo à pontuação do *puzzle*, conforme o resultado no questionário (cf. Tabela 1), aumentando o peso do *puzzle* em casos de baixo desempenho no questionário, mas sem ultrapassar seu limite de pontos. Essa proposta incentiva os alunos a priorizarem o domínio do conteúdo antes de recorrer ao *puzzle* para compensar a nota. Definidos os parâmetros, a fórmula para a pontuação final do grupo é: $\text{Pontuação Final} = \text{Nota Questionário} + (\text{Nota Caça-palavras} * \text{Fator Multiplicativo})$.

Tabela 1. Fator multiplicativo para a nota do caça-palavras

Nota Questionário (%)	Fator Multiplicativo
80 - 100	1.0
50 - 79	1.2
0 - 49	1.5

Observação: elaboração própria.

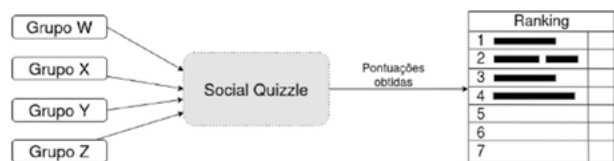
Os pontos obtidos pelo grupo são acumulados a outros pontos previamente adquiridos (pela realização de outros *SocialQuizzles*), e são registrados em um *ranking*. O estudo mantém um *ranking*, como representado na Figura 3, com as pontuações de todos os grupos pertencentes ao estudo, ordenadas de forma decrescente do grupo com mais pontos até o grupo com menos pontos. O *ranking* é um elemento de gamificação que, mesmo na ausência de impacto acadêmico das notas obtidas pelos grupos com os *SocialQuizzles*, promove

engajamento, uma vez que a competição e a interação entre os estudantes promovem comunicação, discussão e trabalho em equipe [4].

3.3 Arquitetura do Sistema Computacional

O sistema desenvolvido foi organizado em componentes de *back-end*, *front-end* e uma API responsável pela comunicação entre eles. Os componentes de *back-end* são responsáveis pelo gerenciamento e manutenção dos dados a serem gerados e armazenados, enquanto os componentes *front-end* são responsáveis pelo tratamento visual dos dados. Contamos com um banco de dados que persiste toda a estrutura necessária para o funcionamento dos *SocialQuizzles*.

Figura 3. Pontuações obtidas no Social Quizzle entram para o ranking

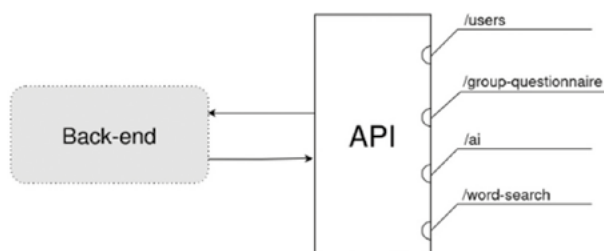


Observação: elaboração própria.

O *front-end* é responsável por renderizar componentes interativos a partir dos dados fornecidos pela API e por encaminhar as interações do usuário ao *back-end* para processamento. Utiliza-se de elementos visuais que se integrem à identidade visual do ambiente de aprendizagem, assegurando usabilidade e fluidez na dinâmica do jogo.

O *back-end* e a API desempenham um papel unificado, enquanto o primeiro realiza o gerenciamento dos dados e fluxos, a segunda é responsável por manter uma interface padronizada em que o *front-end* fornece as entradas, os procedimentos são realizados e em que formato as saídas são retornadas (cf. Figura 4).

Figura 4. Conexão entre *back-end* e API



Observação: elaboração própria.

A API consiste de quatro domínios principais, cada um possui suas responsabilidades e provê rotas para as operações:

- O domínio **"/users"** é responsável pela criação de usuários, gerenciamento de compartilhamento dos espaços de estudo e formação dos grupos.
- O domínio **"/group-questionnaire"** é responsável pela criação dos questionários coletivos e registro das tentativas de preenchimento dos questionários e de voto às questões pelos membros, além da geração de estatísticas de voto e cálculo da pontuação, levando em conta o desempenho no questionário.
- O domínio **"/ai"** é responsável pela criação das questões e geração das palavras e suas respectivas dicas a serem encontradas no *puzzle* de caça-palavras, ambas a partir das transcrições dos conteúdos.
- O domínio **"/word-search"** é responsável pela criação e montagem dos caça-palavras, recebendo como base as palavras, dicas e nível de dificuldade, além de registrar as palavras que foram encontradas e calcular a pontuação dos grupos, levando em conta o desempenho no *puzzle*.

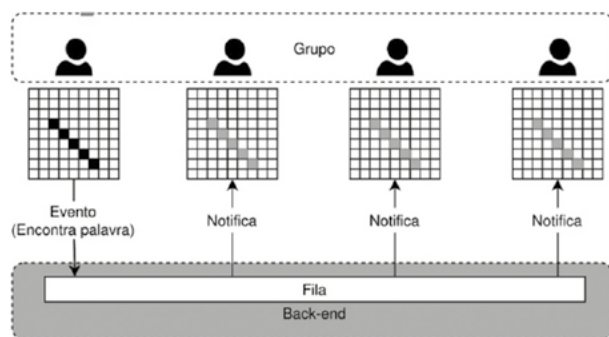
O **back-end** recebe os dados de entrada das rotas e realiza os fluxos consultando ou alterando os dados do banco.

A geração do caça-palavras utiliza um algoritmo com função pseudoaleatória baseada em uma *seed*, que é uma cadeia de caracteres aleatórios

de tamanho fixo. Essa função transforma a *seed* em um número, por meio de operações como funções trigonométricas sobre o código ASCII, permitindo que, com a mesma *seed*, palavras e nível de dificuldade, o sistema gere sempre o mesmo caça-palavras sem armazená-lo.

Implementamos um suporte a uma fila assíncrona que recebe, do *front-end*, os eventos de seleção de letras no caça-palavras, processa cada tentativa e notifica todos os membros do grupo em tempo real (Figura 5). Essa abordagem garante uma experiência concorrente fluida e elimina retrabalho dos alunos.

Figura 5. Fila assíncrona para gerenciamento de eventos



Observação: elaboração própria.

IV. Caso de Aplicação

Para ilustrar a aplicação e a dinâmica do *Social-Quizzles*, descrevemos um caso de aplicação. Organizamos um roteiro simulando o uso esperado da nossa ferramenta. O cenário de aplicação é uma disciplina de Interfaces Humano-Computador (IHC), presente em um curso de graduação de uma universidade pública no Brasil. Nesse contexto, o conceito de design é utilizado como uma ferramenta de aprendizagem ativa para reforçar conceitos teóricos e promover o engajamento colaborativo entre os estudantes.

4.1 Contexto de Aplicação

Instanciamos nosso sistema em um ambiente de aprendizagem digital para uma turma universitária,

no terceiro ano da graduação. O tema central da atividade foi “Princípios e Heurísticas de Usabilidade”, um tópico fundamental na disciplina.

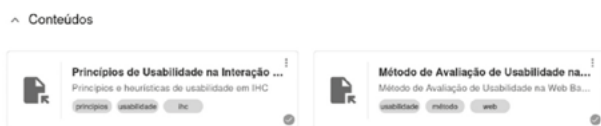
O objetivo do educador foi ir além da aula expositiva, utilizando o SocialQuizzle para incentivar os alunos a experienciarem o conteúdo em estudo de forma colaborativa, discutirem os conceitos em grupo e aplicarem o conhecimento.

A atividade gamificada serve tanto como método de fixação do conteúdo quanto como uma forma de avaliação formativa do entendimento da turma sobre o tema. O processo se iniciou com a preparação do ambiente pelo educador. As etapas seguiram uma sequência lógica para configurar a atividade:

Inserção de Conteúdo no Sistema: Primeiramente, o educador inseriu no sistema Web os materiais de estudo como base para a atividade. Ele realizou o upload de um arquivo PDF contendo a transcrição de uma aula sobre os conceitos centrais do tema da aula (cf. Figura 6). O sistema processa o arquivo, deixando-o disponível para consulta dos alunos e para a geração de questões pela IA Generativa que equipa o sistema (cf. Figura 7).

Figura 6. Inserção de conteúdo

Observação: elaboração própria.

Figura 7. Lista de conteúdos inseridos

Observação: elaboração própria.

Formação dos Grupos: Com os estudantes já inseridos no espaço de estudo, o educador utilizou a ferramenta de grupos. Ele definiu o tamanho dos times (neste exemplo, quatro estudantes por grupo) e o sistema os agrupa aleatoriamente, atribuindo nomes temáticos aos grupos (neste exemplo, o tema escolhido pelo sistema é "Formas Geométricas") e únicos, como "Grupo Setor Esférico" ou "Grupo Face" (cf. Figura 8 e Figura 9). Essa estrutura de grupo é mantida ao longo de outras atividades para acumular pontos e fortalecer a identidade da equipe.

Figura 8. Criação de grupos na aplicação

Formar grupos com os estudantes do Study

Estudantes por grupo:



Cancelar Confirmar

Observação: elaboração própria.

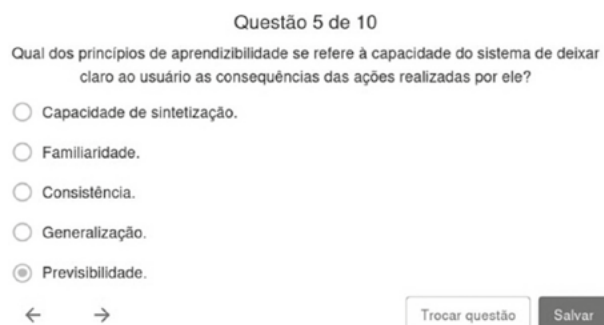
Figura 9. Grupos formados em um estudo

Observação: elaboração própria.

Criação do SocialQuizzle: Nesse estágio, com os conteúdos e grupos definidos, o educador cria o *SocialQuizzle*. Ele seleciona os materiais de referência desejados (Figura 10) e define parâmetros como o número de questões e os prazos. A partir dessa seleção, o módulo de IA gera automaticamente um questionário com as questões de múltipla escolha. O educador acessa uma pré-visualização das questões geradas automaticamente para validar sua qualidade e pertinência, podendo substituir qualquer uma que não julgue adequada antes de liberar a atividade para os alunos (Figura 11).

Figura 10. Seleção de conteúdos

Observação: elaboração própria.

Figura 11. Pré-visualização e validação de uma questão do questionário

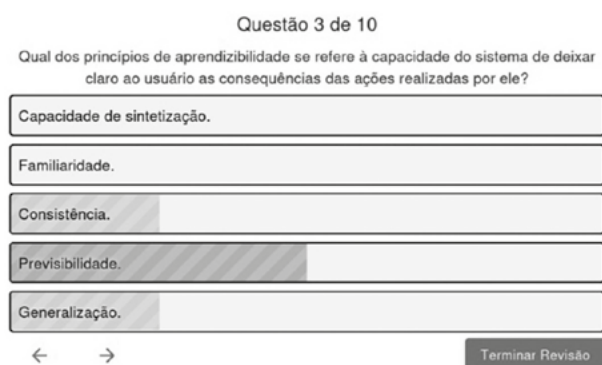
Observação: elaboração própria.

4.2 A Experiência do Grupo na Resolução do SocialQuizzle

Uma vez que o *SocialQuizzle* está disponível no sistema, os estudantes iniciam a atividade em seus respectivos grupos, que se desenrola em duas fases principais:

Resolução do Questionário: Cada membro do grupo responde ao questionário individualmente, embora a discussão entre eles seja incentivada para alinhar as respostas. A escolha de cada aluno conta como um voto para a alternativa correspondente. Após todos os membros finalizarem, o grupo pode acessar a tela de estatísticas, que exibe o percentual de votos para cada alternativa, revelando a resposta final consolidada pelo grupo, resposta essa que não é necessariamente a correta (veja a Figura 12).

Figura 12. Estatísticas de voto para uma questão do questionário



Observação: elaboração própria.

Resolução do Caça-Palavras: Com base no desempenho do grupo no questionário, um *puzzle* de caça-palavras é gerado no sistema. Ao acessar o *puzzle*, os alunos se deparam com uma grade de letras e uma lista de dicas, cujas respostas são palavras-chave do conteúdo estudado. A resolução é colaborativa e em tempo real: quando um membro encontra uma palavra, ela aparece como resolvida para todos os outros (cf. Figura 13).

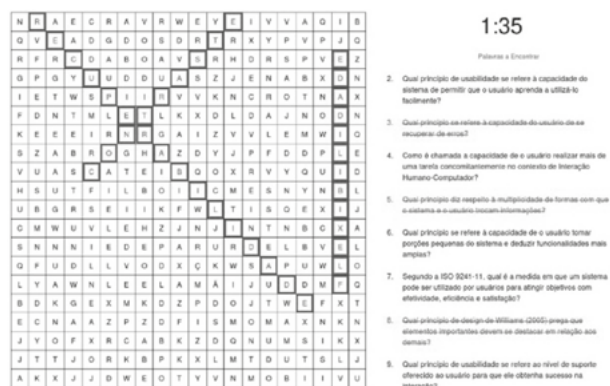
Ao final do tempo ou após a conclusão do *puzzle*, a pontuação final do grupo (composta pela soma dos resultados do questionário com o dos caça-palavras) é calculada pelo sistema e exibida no *ranking* geral do espaço do estudo (Figura 3). Essa proposta cria um ciclo de engajamento, em que a colaboração e um pouco de competição moti-

vam os alunos a se aprofundarem nos temas da disciplina.

V. Discussão

Observamos com base na análise dos trabalhos relacionados que grande parte das soluções gamificadas educacionais se concentram em contextos específicos, como o ensino de disciplinas focadas ou o apoio a públicos-alvo definidos. Nossa solução propõe um sistema que permite a adaptação do conteúdo conforme a escolha do domínio e contexto do educador de maneira não onerosa ao mesmo. A eficiência para educadores é substancialmente aprimorada pela IA Generativa do *SocialQuizzles*, que, similar ao AIQuiz [7] e ao uso do ChatGPT por Melo [6], permite uma notável redução do esforço na criação dos conteúdos e das atividades, mantendo o professor como “curador especialista”. O educador investe seu tempo e conhecimento na validação do material gerado pela IA, a partir do seu próprio conteúdo, garantindo a qualidade pedagógica e a agilidade na aplicação das atividades, o que representa uma economia substancial de esforço e tempo.

Figura 13. Puzzle de caça-palavras.



Observação: elaboração própria.

Nossa solução aborda elementos de resolução colaborativa que, apoiados em um design gamificado, exploram os benefícios provenientes da interação social e discussão entre os alunos. Além disso, o

sistema de dificuldade adaptativa do caça-palavras, que se ajusta ao desempenho do grupo, reflete e avança a adaptabilidade do *Augmented Gamified Environment* (AGE) [5], que, após avaliações de especialistas, aumentou sua flexibilidade, funcionalidades e adaptou níveis para evitar distratores. Esta integração garante um estado de engajamento produtivo, evitando tédio e frustração.

Em nosso desenvolvimento, a adoção de uma solução considerando fila assíncrona de eventos e dificuldade baseada na evolução do conhecimento demonstrou-se uma solução efetiva para desacoplar os módulos de geração de questionário, geração do *puzzle* e feedback, promovendo potencial escalabilidade e melhor desempenho no sistema. A estrutura do banco de dados foi planejada para dar suporte à colaboração em grupo, personalização dos estudos e avaliação adaptativa, o que reforça o caráter dinâmico do design.

A integração com a IA Generativa representa uma inovação, uma vez que permite a geração procedural de palavras para o *puzzle* e questões com base no desempenho dos estudantes, aspectos pouco explorados na literatura. Essa flexibilidade amplia as possibilidades de uso da solução, favorecendo o engajamento e a autonomia tanto de alunos quanto de professores.

Ainda que nossa avaliação preliminar aponte para um bom funcionamento técnico do sistema, trabalhos futuros demandam a avaliação em profundidade do impacto pedagógico de nossa solução na aprendizagem dos estudantes. Do ponto de vista dos educadores, é válido refletir como essa ferramenta digital tem o potencial de mudar a prática em sala de aula. Ela pode ser usada como avaliação formativa, revisão de conteúdo, ou até mesmo como uma atividade “quebra-gelo” para introduzir um novo tópico. E, dadas essas possibilidades, o professor pode usá-la para obter um diagnóstico rápido do entendimento da turma através das estatísticas de voto.

Apesar dos resultados promissores, é fundamental reconhecer as limitações e ameaças à validade do presente estudo. Primeiramente, a avaliação con-

centrou-se na viabilidade técnica da arquitetura da solução, não medindo o impacto pedagógico em termos de aprendizagem ou retenção de conhecimento. Em segundo lugar, o conteúdo gerado pela IA, embora assistido, representa uma limitação inerente; a possibilidade de gerar questões ambíguas ou *puzzles* com dicas imprecisas exige uma curadoria atenta do educador, um elo indispensável do processo. Por fim, o engajamento observado pode ser parcialmente atribuído ao “efeito novidade”, sendo necessários estudos longitudinais para verificar se a motivação se sustenta ao longo do tempo. Esses passos já estão planejados para ocorrerem, uma vez que recebemos aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade, com número de CAAE 86313125.6.0000.5404.

VI. Conclusão

Estudantes tendem a apresentar baixo engajamento com atividades de estudo tradicionais, especialmente quando essas não promovem colaboração ou interatividade significativa. Educadores enfrentam desafios para transformar conteúdos digitais em atividades lúdicas e personalizadas que promovam a participação ativa dos alunos. Este estudo propôs o *SocialQuizzles*, uma solução digital implementada em um sistema Web que une questionários colaborativos com *puzzles* de caça-palavras gerados de forma assistida por IA Generativa a partir de conteúdos digitais definidos pelo educador.

Implementamos, integramos e avaliamos a solução em um ambiente de aprendizagem digital considerado um contexto de ensino de graduação. Em nossa avaliação preliminar, a implementação modular demonstrou-se tecnicamente viável, suportando a interação simultânea de grupos de estudantes e permitindo a adaptação dinâmica dos níveis de dificuldade conforme o desempenho coletivo. Trabalhos futuros envolvem avaliar de forma mais abrangente o impacto pedagógico em termos de engajamento, retenção de conhecimento e evolução de competências da solução. Estudos futuros devem ainda focar em investigações empíricas longitudinais, com métricas padronizadas de apren-

dizagem e usabilidade e, idealmente, estendendo a validação a diferentes contextos educacionais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil, projeto protocolado 301337/2025-0.

VII. Referencias

- [1] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, y L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: Defining 'gamification'," en Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, 2011, doi: 10.1145/2181037.2181040.
- [2] P. Goss, J. Sonnemann, y K. Griffiths, Engaging Students: Creating Classrooms That Improve Learning. Grattan Institute, Melbourne, Australia, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://grattan.edu.au/report/engaging-students-creating-classrooms-that-improve-learning/>.
- [3] S. Grant y B. Betts, "Encouraging user behaviour with achievements: An empirical study," en 2013 10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR), pp. 65–68, 2013, doi: 10.1109/MSR.2013.6624007.
- [4] W. Liu, H. Gui, y Y. Guo, "Research on Gamification Education APP Design Based on Chu Culture," en 2024 International Conference on Informatics Education and Computer Technology Applications (IECA), Los Alamitos, CA, EE. UU., pp. 105–111, ene. 2024, doi: 10.1109/IECA62822.2024.00027.
- [5] N. López-Bouzas y M. Pérez, "A gamified environment supported by augmented reality for improving communicative competencies in students with asd: design and validation," International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), no. 19, pp. 80–93, may. 2023, doi: 10.46661/ijeri.6820.
- [6] L. Melo, "Gamificação auxiliada por inteligência artificial: Uso do chatgpt para produção de atividades didáticas e interação nas aulas de metodologia científica," en Anais do II Workshop em Estratégias Transformadoras e Inovação na Educação, Porto Alegre, RS, Brasil, pp. 89–98, 2024, doi: 10.5753/wetie.2024.245520.
- [7] E. Rodrigues, M. Bernardino, I. Rodrigues, y C. Bandeira, "Aiquiz: Uma ferramenta de apoio a gamificação aprimorada com inteligência artificial de chatbot," en Anais da VII Escola Regional de Engenharia de Software, Porto Alegre, RS, Brasil, pp. 248–257, 2023, doi: 10.5753/eres.2023.237727.
- [8] A. Schäfer, J. Holz, T. Leonhardt, U. Schroeder, P. Brauner, y M. Zundel, "From boring to scoring – a collaborative serious game for learning and practicing mathematical logic for computer science education," Computer Science Education, vol. 23, no. 2, pp. 87–111, 2013, doi: 10.1080/08993408.2013.778040.
- [9] K. Sousa y L. Melo, "Quizzes gamificados como recursos tecnológicos no ensino-aprendizagem de programação," en Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola, Porto Alegre, RS, Brasil, pp. 1015–1027, 2023, doi: 10.5753/wie.2023.235325.



Imagen solo de referencia.



Evaluación de la equidad en equipos ágiles utilizando análisis multimodal: un estudio exploratorio

Assessing Equity in Agile Teams Using Multimodal Analytics: An Exploratory Study

Carlos Escobedo¹, Diego Miranda², Dayana Palma³, René Noel⁴, Adrián Fernández⁵, Roberto Muñoz⁶

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumen: las metodologías ágiles han transformado el desarrollo de software al priorizar la colaboración y la adaptabilidad. Sin embargo, aspectos fundamentales como la diversidad, la equidad y la inclusión no suelen ocupar un lugar central en estos marcos. Esta omisión puede refor-

zar inadvertidamente desigualdades dentro de equipos diversos, en especial en entornos de trabajo híbridos. Este estudio aborda directamente esta problemática mediante el uso del análisis multimodal para explorar la relación entre la dinámica de interacción y la equidad percibida en equipos

¹ Autor correspondiente: Carlos Escobedo. Filiación institucional Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico: carlos.escobedo@postgrado.uv.cl ORCID: 0009-0009-9852-7882

² Autor correspondiente: Diego Miranda. Filiación institucional: Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico: diego.miranda@uv.cl ORCID: 0000-0002-3232-0901

³ Autor correspondiente: Dayana Palma. Filiación institucional: Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico: dayana.palma@uv.cl ORCID: 0000-0002-5665-3153

⁴ Autor correspondiente: René Noel. Filiación institucional: Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico: rene.noel@uv.cl ORCID: 0000-0002-3652-4645

⁵ Autor correspondiente: Adrián Fernández. Filiación institucional Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico adrian.fernandez@postgrado.uv.cl ORCID: 0009-0009-4700-5187

⁶ Autor correspondiente: Roberto Muñoz. Filiación institucional: Universidad de Valparaíso. País: Chile, Ciudad: Valparaíso. Correo electrónico: roberto.munoz@uv.cl ORCID: 0000-0003-1302-0206

ágiles. A través de experimentos con estudiantes de ingeniería, los investigadores examinaron métricas como el tiempo de conversación y la dirección de la mirada, comparándolas con cuestionarios de equidad percibida. Los resultados mostraron correlaciones débiles, lo que sugiere que estas métricas cuantitativas por sí solas no son suficientes para comprender plenamente la equidad percibida. Este estudio aporta un valor significativo al debate sobre la inclusión en entornos ágiles y plantea la necesidad de complementar los indicadores cuantitativos para evaluar la dinámica colaborativa desde una perspectiva de equidad.

Palabras clave: Metodologías ágiles; evaluación de equidad; analítica multimodal.

Abstract: Agile methodologies have transformed software development by emphasizing collaboration and adaptability. However, important aspects like Diversity, Equity, and Inclusion are not usually central to these frameworks. This omission can unintentionally reinforce inequalities within diverse teams, especially in hybrid work settings. This study directly addresses this issue by using multimodal analysis to explore the relationship between interaction dynamics and perceived equity in agile teams. Through experiments with engineering students, researchers examined metrics such as speaking time and gaze direction, comparing these with perceived equity questionnaires. The results showed weak correlations, indicating that these quantitative metrics alone are not enough to fully understand perceived equity. This research makes a valuable contribution to creating more inclusive agile practices, advocating for the use of quantitative indicators to evaluate collaborative dynamics from an equity standpoint.

Keywords: Agile methodologies; equity evaluation; multimodal analytics.

I. Introduction

Agile methodologies have transformed the way software development teams operate, promoting flexibility, continuous collaboration, and iterative

value delivery [1]. Among these, Scrum has gained prominence due to its simplicity and adaptability [2]. However, while agile principles emphasize collaboration, equity—understood as fair treatment and equitable distribution of opportunities—has not been a central aspect of their implementation [3].

The concept of equity in agile teams is particularly relevant given that interaction dynamics can influence how members perceive inclusion and fairness. Previous studies have noted that certain standard practices in agile methodologies could inadvertently exclude some members, especially in hybrid or diverse contexts [4, 5]. This raises a critical question: how can equity be measured and promoted in agile teams without compromising the principles of flexibility and adaptability?

Recent literature in software engineering has shown that development teams face significant challenges in terms of diversity, equity, and inclusion, which can directly affect the quality and design of technological products [6]. In the context of agile methodologies, current studies highlight the need to address dimensions such as workplace well-being and equity with greater depth, especially in diverse environments [7]. Furthermore, systematic reviews have identified that factors such as collaboration, sense of community, and egalitarianism are fundamental for agile teams to effectively manage uncertainty [8].

The analysis of speaking time and gaze enables the objective measurement of equity, as participants tend to look more at their teammates, especially when listening, which reveals patterns of inclusion and participation within the team [9].

Multimodal analytics provides an opportunity to address the analysis of interactions in work teams. Multimodal analytics combines data from diverse sources such as audio and video, offering a powerful tool for analyzing team interactions and extracting key equity indicators [10]. This approach enables the evaluation of speaking time and gaze dispersion, providing valuable information about interaction dynamics. For this purpose, advanced data processing and visualization tools were implemented [11].

This work presents a non-experimental, correlational, and quantitative study that analyzes the relationship between interaction characteristics—specifically, speaking times and eye contact—with the perception of equity among participants in collaborative user story effort estimation activities. Its main contribution is to provide evidence about equity perception and its relationship with quantitative elements of interaction, with the potential to identify real-time behavioral indicators that may enhance or hinder equitable collaboration in work teams.

The specific objectives of this study are: (1) to identify relevant multimodal interaction metrics for evaluating equity in agile teams, (2) to analyze the relationship between verbal and non-verbal communication patterns with equity perception, and (3) to establish a methodological framework for the quantitative evaluation of equitable collaborative dynamics.

The main contributions of this work include: (i) the first systematic application of multimodal analytics to measure equity in agile teams, (ii) empirical evidence on the relationship between interaction metrics and equity perception, and (iii) a replicable methodological approach that integrates advanced audio and video processing techniques to evaluate group dynamics in collaborative contexts.

II. Background

Several studies have highlighted how agile methodologies promote collaboration but may not address equity issues. The Business Agility Institute indicates that despite the benefits of these methodologies, they do not explicitly address equity, potentially perpetuating inequalities in diverse teams or hybrid environments [12].

Research on gender and microinequities shows that women in software development face challenges such as being interrupted more frequently and receiving less recognition for their contributions [13]. Research on neurodiversity indicates that developers with conditions such as autism spectrum disorder (ASD) or attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) face unique challenges in

agile environments due to difficulties with executive functions [14].

A systematic literature review highlights that while diversity is well-researched, equity and inclusion have not received the same level of attention in agile teams [15]. Additionally, Hernández *et al.* identified metrics for measuring productivity in agile teams but noted the lack of metrics for evaluating qualitative aspects such as within-team collaboration [14].

These findings suggest that multimodal analytics technology, combined with productivity metrics, can be a valuable tool for identifying and addressing imbalances in team dynamics, contributing to a more holistic approach for improving equity in agile environments. The analysis of metrics such as speaking time and gaze direction allows for quantifying member participation in group interaction, providing objective indicators for studying equity and inclusion in work teams [9, 10].

Table 1. Comparison with previous studies

Study	Methodology	Evaluated Metrics	Context	Limitations
Hyrynsalmi et al. [6]	Systematic collaborative discussion	Key themes on diversity and inclusion in software development (SDDI)	Software development teams	Qualitative approach, no quantitative metrics
Damian et al. [7]	Best practices review	Organizational diversity, equity, and inclusion (DEI) strategies	Software industry	Conceptual framework, no empirical validation
Anifa et al. [8]	Systematic review	Effectiveness of agile methodologies	Multiple industries	Not focused on equity
Riquelme et al. [10]	Multimodal social networks	Social network interactions	Discussion groups	No equity measurement

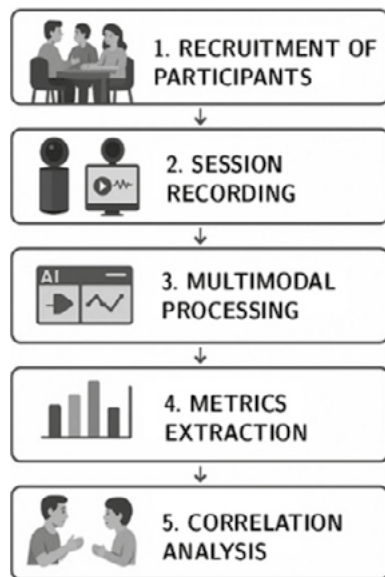
This study	Multimodal analytics + surveys	Speaking time, gaze direction, equity perception	Specific agile teams	Limited student sample
------------	--------------------------------	--	----------------------	------------------------

Note: author's source

III. Method

The study methodology followed a systematic five-stage approach that integrates multimodal analytics techniques to evaluate equity in agile teams. Figure 1 illustrates the complete flow of the methodological process, from recruitment to final statistical analysis.

Figure 1. Methodological workflow in five stages: (1) Recruitment - 41 Computer Engineering students in teams of 4 with knowledge in agile methodologies; (2) Capture - recording with 360° camera and omnidirectional microphone during planning poker sessions (≤ 10 min); (3) Multimodal processing - audio analysis with WhisperX and video with OpenCV+MediaPipe for eye tracking; (4) Metrics extraction - automated calculation of speaking time, gaze and eye contact with Z-score normalization by group; (5) Correlation analysis - equity perception surveys (11 questions) and correlation calculation



Note: generated with the assistance of ChatGPT (OpenAI, 2025).

This methodological approach enables the objective and automated capture of equity indicators through integrated analysis of verbal and non-verbal communication patterns during collaborative activities representative of professional agile environments.

3.1 Study type and activities performed by subjects

A quantitative, non-experimental, and correlational study was conducted, where subjects participated in collaborative user story effort estimation activities. Each team performed an in-person group session, with discussion and joint agreement, simulating real practices of agile methodologies.

The experimental configuration considered team size, fixed at four members per group; meeting duration, limited to a maximum of 10 minutes; and physical environment, which was controlled through strategic positioning of participants. Participants were required to reach consensus on story point estimation for a predefined set of user stories, replicating the typical dynamics of agile planning ceremonies.

3.2 Variables and measurements

Equity Perception: Measured through a validated 11-question survey based on the "Diversity, Equity, and Inclusion for Agile Teams Assessment" questionnaire from Comparative Agility [15]. Questions evaluated using a 5-point Likert scale:

1. We understand how decisions that impact team equity are made.
2. People from all backgrounds have equal opportunities to succeed.
3. When relevant, we question others' assumptions about factors that affect equity (race, age, gender identity, ethnicity, sexual orientation, ability, etc.).

4. We adjust our mindset and attitudes when we have new experiences that challenge our previous beliefs.
5. Our team members actively engage in self-reflection to identify and address personal biases.
6. When we become aware of our personal biases, we adopt tactics to manage them.
7. When a concern about workplace equity arises, we take action.
8. When a concern about workplace equity arises, I feel comfortable discussing it with my colleagues.
9. We prioritize eliminating barriers that prevent equity.
10. Our team members actively identify and address how privilege within the team impacts equity.
11. Decisions are fair and everyone is treated with equal importance.

Interaction Metrics - Speaking Time: the *isSpeaking* variable captures the total duration that each participant maintains vocal activity during the group session, which can be interpreted as an indicator of verbal participation and communicative dominance in the collaborative context. It is calculated using WhisperX for automatic speech recognition, filtering environmental noise.

Interaction Metrics - Gaze Direction: the *inDistance* variable measures the accumulated duration that each participant directs their gaze toward other members when they are in close interpersonal proximity (less than 1.2 meters), representing moments of focused visual attention associated with active listening. This metric is obtained through OpenCV and MediaPipe for facial and eye tracking, detecting gaze direction vectors. There is evidence that eye contact between team mem-

bers provides information, regulates interaction, expresses intimacy, influences social control, and facilitates service goals and tasks, contributing to collaboration [16].

Additionally, the count variable tallies the total number of discrete episodes of eye contact between participants, interpreted as an indicator of the frequency of non-verbal communicative exchanges. Complementarily, the *inDistanceSpeaking* variable combines vocal activity with eye contact in close proximity, capturing the synchronization between verbal and non-verbal communication as an indicator of deep interpersonal engagement. It is calculated as the temporal intersection between speaking periods and moments of gaze directed at nearby participants.

Finally, the *mutualObservation* variable quantifies periods of bidirectional eye contact between pairs of participants, representing moments of shared attention associated with greater coordination.

Group Normalization: to control for differences in interaction dynamics specific to each team, Z-score normalization by group was applied to both equity perception metrics and temporal interaction variables. This method standardizes each individual value relative to the mean and standard deviation of their specific team, allowing analysis of relative participation patterns within the particular context of each group. Group normalization is especially relevant for identifying intra-team equity dynamics, as it controls for the inherent characteristics of each group and reveals differences in relative participation that might remain hidden when analyzing only absolute values.

3.3. Selection

The participants were Civil Computer Engineering students from the University of Valparaíso who had previously taken courses related to agile methodologies. The study received approval from the institutional ethics committee (CEC-UV 236-21).

The study included 41 students organized into teams of four members each, with five women (12%) and 36 men (88%). Teams were formed randomly without segregating by gender or academic experience. Inclusion criteria were: currently taking or having taken software engineering courses with content on agile methodologies, availability to participate in 10-minute in-person sessions, and informed consent for audiovisual recording. Exclusion criteria included hearing or visual difficulties that could interfere with participation in group activities.

3.4 Data collection techniques

Audiovisual Capture of Interactions: A Kandao Meeting Pro 360 camera with omnidirectional microphone was used to record group interactions.

Automatic Speech Recognition: WhisperX was implemented, an automatic speech recognition system developed by OpenAI that uses transformer architectures for accurate transcription and temporal segmentation.

Computer Vision Analysis: OpenCV was employed in combination with MediaPipe for automated analysis of facial movements and eye tracking.

Bidirectional Eye Contact Detection: A custom algorithm based on camera angle projections was developed, avoiding Rodrigues rotation to calculate direction vectors and temporal anti-noise filtering [19].

Equity Perception Survey: A validated questionnaire based on Likert scales developed specifically for collaborative work contexts was applied. The survey incorporates equity dimensions previously validated in literature on diversity and inclusion in work teams [15].

3.5 Metric calculation

The quantitative metrics were calculated using the following formulas:

Coefficient of variation (CV%):

$$CV\% = (\sigma / \mu) \times 100 \quad (1)$$

Where σ is the standard deviation and μ is the mean of the variable.

Z-score normalization by group:

$$Z = (x - \mu_{\text{group}}) / \sigma_{\text{group}} \quad (2)$$

Where x is the individual value, μ_{group} is the group mean, and σ_{group} is the group standard deviation.

Average equity perception:

$$AE_{\text{average}} = \Sigma(\text{responses}_i) / n \quad (3)$$

Where responses_i are the Likert scores (1-5) for each question and $n = 11$ questions.

IV. Results

The descriptive statistical analysis of the main study variables is presented in Table 2. The data reveal considerable variability in interaction metrics among participants. Speaking time showed the highest relative variability (CV = 45.4%), followed by gaze time (CV = 35.0%), while equity perception presented lower dispersion (CV = 12.6%), indicating greater consensus in participant evaluations.

The distribution of speaking time ($M = 1822.54$ seconds, $SD = 826.91$) evidences substantial differences in verbal participation, with some participants speaking up to 6.9 times more than others (range: 556-3822 seconds). Gaze time toward other members ($M = 5347.83$ seconds, $SD = 1873.97$) also showed wide variation, reflecting different patterns of visual attention during group interactions. Equity perception ($M = 4.14$, $SD = 0.52$) was situated above the midpoint of the scale (2.5), suggesting a generally positive evaluation of the collaborative environment, although with notable individual variations.

Table 2. Descriptive statistics of study variables. SD = Standard Deviation; P25 = 25th Percentile; P75 = 75th Percentile; CV% = Coefficient of Variation. Equity perception was measured on a 1-5 point Likert scale

Variable	N	Mean	SD	Min	Máx	Median	P25	P75	CV%
Speaking time (sec)	41	1822.54	826.91	556.0	3822.0	1703.00	1138.00	2503.00	45.4
Gaze Time (sec)	41	5347.83	1873.97	1959.0	8708.0	5186.00	3928.00	7063.00	35.0
Equity Perception	41	4.14	0.52	2.8	5.0	4.18	3.91	4.45	12.6

Note: author's source

4.1 Correlation analysis

To explore the relationship between speaking and gaze times and average equity perception, the Pearson correlation coefficient was used. This statistical technique evaluates the strength and direction of a linear relationship between two quantitative variables, providing a coefficient (r) that varies between -1 and 1. A value close to 1 or -1 indicates a strong linear relationship, while a value close to 0 suggests that there is no significant linear relationship. Additionally, the associated p -value was calculated to determine the statistical significance of the results, considering $p < 0.05$ as the threshold for significance.

Table 3. Correlations between interaction metrics and equity perception

Metric	Correlation (r)	p-value	Significance
Speaking Time	0.123	0.444	Not significant
Gaze Time	0.082	0.612	Not significant
Speaking time (normalized)*	-0.326	0.043	Significant
Gaze Time (normalized)*	-0.191	0.244	Not significant

* Z-score normalization by group

Note: author's source

The results indicate that the quantitative interaction metrics analyzed without normalization do not show a statistically significant relationship with participants' equity perception. However, when group normalization is applied, a significant negative correlation emerges for speaking time.

4.2 Analysis of verbal metrics

The analysis of speaking time revealed a statistically significant negative correlation with equity perception ($r = -0.326$, $p = 0.043$) when group normalization was used. This verbal metric showed the strongest relationship with perceived equity, suggesting that participants who speak proportionally more within their teams tend to perceive lower equity. The distribution of speaking time varied considerably between teams, with coefficients of variation ranging from 0.23 to 0.67.

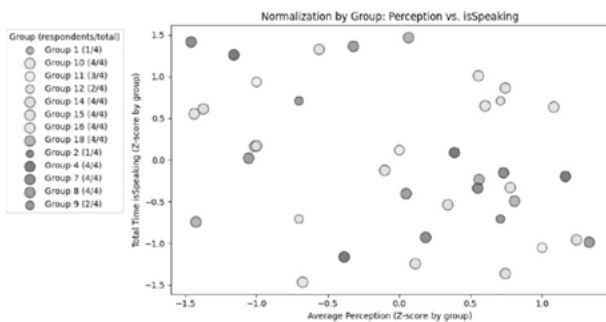
4.3 Analysis of visual metrics

The metrics related to gaze direction showed distinct patterns. The inDistance variable (gaze time toward other members) presented a weak and non-significant correlation ($r = -0.191$, $p = 0.244$). However, the count metric (eye contact episodes) showed the weakest correlation of all analyzed variables ($r = -0.050$, $p = 0.761$), indicating that the frequency of visual contacts is not related to equity perception.

4.4 Analysis of combined metrics

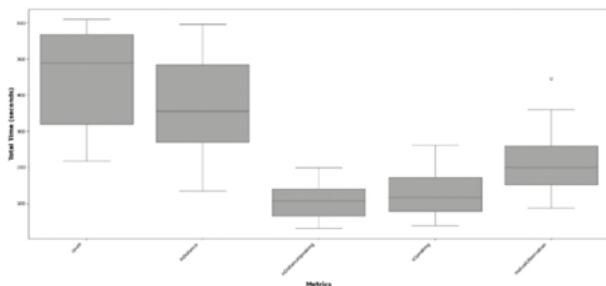
The inDistanceSpeaking metric, which combines vocal activity with eye contact in close proximity, showed a pattern similar to pure speaking time, with a negative correlation near statistical significance ($r = -0.305$, $p = 0.059$). This suggests that verbal dynamics have greater weight than visual ones in equity perception. The mutualObservation variable (bidirectional eye contact) showed a weak correlation ($r = -0.183$, $p = 0.265$).

Figure 2. Relationship between group-normalized speaking time and equity perception. Points represent individual participants, where each color indicates a different team



Note: author's source

Figure 3. Comparative boxplots showing the distribution of total time (in seconds) for five key group interaction metrics



Note: author's source

V. Discussion

Our results confirm that, although agile methodologies promote collaboration, the observed interaction dynamics have a complex relationship with equity perceptions, coinciding with studies that suggest these methodologies do not explicitly address equity [12].

The most relevant finding is the significant negative correlation between normalized speaking time and equity perception. This counterintuitive relationship finds support in the literature on group dynamics. Keltner *et al.* (2003) describe the “power paradox,” where those who exercise greater verbal influence become more sensitive to system inequities [17]. Similarly, studies on “mental load” show that members with disproportionate communicative responsibilities develop greater awareness of imbalances in task distribution [18].

In our context, participants who speak more might be perceiving that they invest greater communicative effort without receiving equivalent contributions, reflecting a compensatory effort in response to perceived lack of equity or the feeling of assuming a disproportionate burden. The similar correlation in inDistanceSpeaking suggests that verbal dynamics combined with eye contact are more sensitive indicators of equity perception than passive observable behaviors.

The study limitations include the small sample size of students that limits generalization to professional contexts, the controlled experimental environment that does not fully reflect the real dynamics of agile teams, and the exclusive focus on quantitative metrics without qualitative analysis of interaction content. A critical limitation of this study is the marked gender imbalance in the sample (88% men, 12% women). In a study about equity, this disproportion is particularly problematic because: (1) it may not reflect the real dynamics of diverse teams, (2) it limits the ability to analyze gender differences in equity perception, and (3) it may bias results toward predominantly masculine perspectives. Future research requires more balanced samples to obtain valid conclusions about equity in diverse teams.

Team-normalized verbal interaction metrics can serve as early indicators of imbalances, allowing timely interventions before they become consolidated. Equitable practices should focus not only on speaking time distribution, but on the quality of interactions and the perceived value of contributions. The integration of real-time multimodal analytics tools could provide immediate feedback on interaction dynamics, facilitating self-regulation and the development of more equitable collaborative behaviors, although their implementation must be ethical and transparent.

VI. Threats to validity

This study presents several threats to validity that must be considered when interpreting the results. In terms of internal validity, the controlled experimental environment may not fully reflect the real dynamics of professional agile teams, limiting the generalization of findings. External validity is compromised by the limited sample size (41 participants) and demographic bias (88% men), which prevents gender analysis and limits population representativeness. Regarding construct validity, speaking time and gaze metrics may not fully capture the multidimensional complexity of perceived equity. Finally, statistical validity may be affected by limited statistical power due to sample size, requiring cautious interpretation of non-significant results.

VII. Conclusions

This study achieved its initially proposed specific objectives: (1) it successfully determined a set of indicators to measure equity in agile collaborative environments, identifying speaking time and gaze time as quantifiable metrics through multimodal analytics; (2) it implemented these metrics in the workflow through the integration of audio (WhisperX) and video (OpenCV/MediaPipe) processing tools, achieving automated capture and analysis of interactions; and (3) it evaluated the results through statistical analyses that revealed a significant negative correlation between normalized speaking time and equity perception ($r = -0.326$, $p = 0.043$), partially validating the study's initial hypothesis.

This study explored in depth the relationship between interaction dynamics in agile teams and equity perception using multimodal analytics. The main finding confirmed a significant negative correlation between normalized speaking time and equity perception, indicating that those who speak proportionally more within their teams tend to perceive a less equitable environment.

The results highlight that, although simple quantitative metrics such as speaking time can provide valuable information, these must be interpreted in the specific context of each group to reveal significant relationships. Group normalization proved essential for identifying patterns that would otherwise remain hidden in raw data.

Our findings contribute to the understanding of how equity can be measured and promoted in agile teams, suggesting that monitoring speaking patterns, especially when analyzed in relation to each specific team's dynamics, can serve as an early indicator of possible imbalances in participation.

The main limitations of this study include the reduced sample size, gender imbalance, and an exclusively academic context. The focus on quantitative metrics, while valuable, should be complemented with qualitative analyses of interaction content. Future work should expand the sample to diverse professional teams, incorporate additional variables such as speech quality and emotional dynamics, and develop predictive models through machine learning. The integration of real-time monitoring tools for immediate feedback represents a promising direction for practical applications in real agile environments.

VIII. Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

During the preparation of this work, the authors used Claude and Grammarly Editor to improve readability and language. After using this tool, the authors reviewed and edited the content as needed and take full responsibility for the content of the publication.

IX. Referencias

- [1] R. Hoda, N. Salleh, J. Grundy, y H. M. Tee, "Systematic literature reviews in agile software development: A tertiary study," *Information and Software Technology*, vol. 85, pp. 60–70, 2017.
- [2] K. Schwaber y J. Sutherland, "The scrum guide," en *Software in 30 Days*, Hoboken, NJ: Wiley, 2012, pp. 133–152.
- [3] K. Beck et al., "The Agile Manifesto," 2001. [En línea]. Disponible en: <https://agilemanifesto.org/>.
- [4] B. Dowling et al., "Hybrid work: Making it fit with your diversity, equity, and inclusion strategy," *The McKinsey Quarterly*, 2022.
- [5] A. D. Patterson, "Equity in groupwork: The social process of creating justice in a science classroom," *Cultural Studies of Science Education*, vol. 14, pp. 361–381, 2019.
- [6] S. M. Hyrnsalmi et al., "Making Software Development More Diverse and Inclusive: Key Themes, Challenges, and Future Directions," *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol. 34, no. 5, pp. 1–23, May 2025, doi: 10.1145/3711904.
- [7] D. Damian, K. Blincoe, D. Ford, A. Serebrenik, y Z. Masood, Eds., *Equity, Diversity, and Inclusion in Software Engineering*. New York, NY: Apress, 2024, doi: 10.1007/978-1-4842-9651-6.
- [8] M. Anifa, S. Ramakrishnan, S. Kabiraj, y S. Joghee, "Systematic Review of Literature on Agile Approach," *NMIMS Management Review*, vol. 32, no. 2, pp. 84–105, Jun. 2024, doi: 10.1177/09711023241272294.
- [9] T. Maran et al., "Visual attention in real-world conversation: Gaze patterns are modulated by communication and group size," *Applied Psychology*, vol. 70, no. 4, pp. 1602–1627, 2021.
- [10] F. Riquelme et al., "Using multimodal learning analytics to study collaboration on discussion groups: A social network approach," *Universal Access in the Information Society*, vol. 18, pp. 633–643, 2019.
- [11] T. Baltrusaitis et al., "Openface: An open source facial behavior analysis toolkit," en *2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2016.
- [12] Business Agility Institute, *Reimagining agility with diversity, equity, and inclusion*. New York, NY: Business Agility Institute, 2021.
- [13] N. M. King, "Dei is not enough," *Hastings Center Report*, vol. 52, no. 3, p. 3, 2022.
- [14] G. Hernández et al., "Métricas de productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software: Una revisión sistemática," *Tecnológicas*, vol. 22, pp. 63–81, 2019.
- [15] Comparative Agility, "Diversity, equity, and inclusion for agile teams assessment," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.comparativeagility.com/>.
- [16] C. L. Kleinke, "Gaze and eye contact: a research review," *Psychological Bulletin*, vol. 100, no. 1, p. 78, 1986.
- [17] D. Keltner, D. H. Gruenfeld, y C. Anderson, "Power, approach, and inhibition," *Psychological Review*, vol. 110, no. 2, pp. 265–284, 2003.

- [18]** A. Daminger, "The cognitive dimension of household labor," *American Sociological Review*, vol. 84, no. 4, pp. 609–633, 2019.
- [19]** D. Miranda et al., "Quantitative analysis of communication dynamics in agile software teams through multimodal analytics," *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, 2025.



Imagen solo de referencia.



Datos a la Mano: modelo conceptual de datos inclusivo en escuelas con infraestructura tecnológica limitada

Data at Hand: Inclusive Conceptual Data Modeling in Schools with Limited Technological Infrastructure

Marcos Noriyuki Miyata¹, Leticia Lopes Leite²

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 15/09/2025. **Aprobado:** 20/10/2025. **Publicado:** 11/12/2025

Resumen: Este artículo presenta el recurso educativo desconectado *Dados em Mãos* ("Datos en Mano"), diseñado para apoyar la enseñanza del modelado conceptual de datos en la educación básica. El material permite que los estudiantes trabajen con conceptos abstractos de forma tangible y significativa, especialmente en contextos con infraestructura tecnológica limitada. Basado en el Diagrama Entidad-Relación (DER), la Computación Desconectada, el Arco de Maguerez y la Teoría del Aprendizaje Significativo, el recurso promueve el pensamiento computacional y el acceso equitativo al conocimiento. Mediante piezas magnéticas reutilizables y una guía pedagógica, promueve el aprendizaje activo y la resolución colaborativa de problemas, alineado con el currículo nacional de

informática de Brasil (BNCC). El artículo describe los fundamentos teóricos, el proceso de diseño y la retroalimentación inicial de los docentes. Las aplicaciones preliminares en seminarios y visitas a escuelas técnicas demostraron el potencial del enfoque para involucrar a los estudiantes, estimular el debate en grupo y hacer más accesibles los conceptos abstractos de datos. El trabajo futuro se centrará en estudios sistemáticos en el aula para evaluar el impacto del recurso en los resultados de aprendizaje y perfeccionar su diseño con base en la retroalimentación de docentes y estudiantes.

Palabras clave: Modelado conceptual de datos; Educación básica; Computación desconectada.

¹ Autor correspondiente: Marcos Noriyuki Miyata. Filiación institucional: Universidade de Brasília. País: Brasil, Ciudad: Brasília. Correo electrónico: marcos.noriyuki.miyata@gmail.com ORCID: 0009-0007-6440-2083

² Autor correspondiente: Leticia Lopes Leite. Filiación institucional Universidade de Brasília. País: Brasil, Ciudad: Brasília. Correo electrónico: lllite@unb.br ORCID: 0000-0002-0576-5702

Abstract: This article presents the unplugged educational resource *Dados em Mãos* ("Data in Hand"), designed to support teaching conceptual data modeling in basic education. The material allows students to work with abstract concepts in a tangible and meaningful way, particularly in contexts with limited technological infrastructure. Grounded in the Entity-Relationship Diagram (ERD), Unplugged Computing, the Arco de Maguerez and Meaningful Learning Theory, the resource promotes computational thinking and equitable access to knowledge. Through reusable magnetic pieces and a pedagogical guide, it supports active learning and collaborative problem-solving aligned with Brazil's national computing curriculum (BNCC). The article describes the theoretical foundations, design process, and initial user feedback from teachers. Preliminary applications in seminars and visits to technical schools demonstrated the potential of the approach to engage students, stimulate group discussions, and make abstract data concepts more accessible. Future work will focus on systematic classroom studies to assess the impact of the resource on learning outcomes and to refine its design based on teacher and student feedback.

Keywords: Conceptual Data Modeling; Basic Education; Unplugged Computing

I. Introducción

En un escenario donde la falta de infraestructura tecnológica sigue siendo uno de los principales obstáculos para la equidad educativa en Brasil, el material *Dados em Mãos*, traducido al español como "Datos a la Mano", surge como una solución innovadora y accesible para enseñar computación en contextos con recursos limitados. Su objetivo es hacer posible el aprendizaje de conceptos abstractos de modelado de datos en escuelas que no cuentan con computadoras, internet ni laboratorios digitales.

Según el Anuario de la Educación Básica 2024, apenas el 30,4 % de las escuelas públicas brasileñas disponen de internet con velocidad adecuada, y solo el 44,7 % ofrece computadoras de escritorio para uso de los estudiantes [1]. A esto se suma

que menos del 30 % cuenta con laboratorios de informática y que únicamente el 32 % de las instituciones de educación infantil dispone de biblioteca o sala de lectura [1].

Frente a esta realidad, "Datos a la Mano" propone una alternativa concreta y eficaz. Utilizando únicamente materiales físicos reutilizables, el recurso permite a los estudiantes comprender la estructura de datos a partir de la enseñanza del modelo conceptual basado en el Diagrama Entidad-Relación (DER) propuesto por Peter Chen [2]. De esta forma, conceptos complejos pueden trabajarse en aulas sin acceso a tecnología digital, fomentando el aprendizaje mediante el contacto directo, la colaboración y la manipulación concreta.

El recurso también responde a las directrices de la BNCC de Computación (Base Nacional Comum Curricular, currículo brasileño para el área de computación), que establece como obligatoria la enseñanza de la computación en la educación básica brasileña, incluyendo temas como pensamiento computacional y la organización estructurada de información [3]. Sin embargo, cumplir esta norma en escuelas sin conectividad exige materiales didácticos adaptados a esa realidad, como el que aquí se presenta.

El kit incluye dos componentes principales: un conjunto de figuras móviles imantadas, diseñadas para su uso en pizarras metálicas, y un Manual del Profesor que orienta el empleo pedagógico del material a través de actividades guiadas. Las propuestas promueven la creación de modelos propios por parte del alumnado y trabajan habilidades como la abstracción, el análisis y el razonamiento lógico desde una perspectiva contextualizada.

Además, el manual vincula la enseñanza del modelado de datos con temas de relevancia social, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU [4], lo que permite integrar la computación en proyectos interdisciplinarios y comprometidos con el entorno.

En resumen, "Datos a la Mano" no es solo un material de apoyo técnico: constituye una estrategia

pedagógica inclusiva que, al utilizar recursos simples y accesibles, abre nuevas posibilidades para la enseñanza de la computación en comunidades marginadas por la brecha digital. En la Tabla 1 se presenta un resumen de los contenidos del kit propuesto.

Tabla 1. Resumen de los contenidos del Kit “Datos a la Mano”.

Ítem	Descripción
Piezas reutilizables	Conjunto de imanes (rombo, rectángulo, y elipse)
Manual del Profesor	Guía pedagógica con actividades propuestas

Nota: fuente elaboración propia.

II. Fundamentación teórica

El material didáctico debe ser comprendido como una “mediación entre el conocimiento y el estudiante”, y su uso debe estar guiado por una intención pedagógica clara [5]. Esto significa que, aunque esté cuidadosamente diseñado, el material constituye solo un recurso de apoyo que, por sí solo, no garantiza la calidad del aprendizaje ni de la enseñanza [5].

Por lo tanto, no debe concebirse como punto de partida ni de llegada en el proceso educativo, sino como una herramienta que facilite la comprensión y la aplicación de conceptos complejos. En este sentido, el rol del docente es esencial: debe adoptar una postura activa en la mediación del conocimiento y utilizando el material como soporte para orientar a los estudiantes a lo largo de su trayectoria de aprendizaje [5].

La participación docente en el uso de materiales es fundamental, ya que recae en él la responsabilidad de evaluar si el recurso es pertinente en relación con los objetivos de aprendizaje, si responde a las capacidades cognitivas, afectivas y psicomotoras del grupo, y si se ajusta a las necesidades y contextos específicos de sus estudiantes [5].

El material “Datos a la Mano” se sustenta en esta perspectiva. Aunque fue concebido para promo-

ver cierto grado de autonomía en el trabajo del alumnado, su implementación efectiva requiere una mediación docente activa. El Manual de Profesor ofrece orientaciones claras para la aplicación de las actividades, su adaptación a distintas realidades escolares y la evaluación de los aprendizajes. La propuesta no pretende que los estudiantes utilicen el material de forma aislada, sino que lo integren en un proceso reflexivo, guiado y contextualizado de enseñanza-aprendizaje.

A partir de esa base pedagógica, el diseño del contenido y de la forma del recurso se fundamenta en tres marcos teóricos específicos: el Modelo Conceptual de Datos, la Computación Desconectada [6] y el Arco de Maguerz [7]. Cada uno de estos aportes contribuye a que el material promueva un aprendizaje significativo, contextualizado, colaborativo y accesible para todos los estudiantes. A continuación, se describen estos fundamentos y su aplicación en el contexto del recurso “Datos a la Mano”.

2.1 Modelo conceptual de datos

Bernard Thalheim [8] propone una definición ampliada del concepto de “modelo” como un instrumento bien formado, adecuado y confiable, que representa realidades y opera dentro de contextos de utilización específicos. Esta definición es aplicable a diversas disciplinas, incluidas la ciencia de datos, la ingeniería y la computación.

Un modelo bien formado está estructurado de manera coherente y sigue las reglas de la disciplina. Su adecuación se refiere a su capacidad de representar con eficacia el fenómeno estudiado, mientras que la confiabilidad implica que el modelo puede utilizarse con seguridad en distintos contextos.

Otro aporte importante de Thalheim es la distinción entre modelos en general y modelos conceptuales [8]. Según él, no todo modelo es conceptual: un modelo conceptual es aquel que integra explícitamente conceptos en su estructura. En este punto, Hannu Kangassalo, en un artículo [9] redactado con anterioridad a la definición de “modelo” de Thalheim, presenta una comprensión más profunda del

papel de los conceptos en el modelo, diferenciando entre “información instancial” e “información conceptual”.

La información instancial se basa en hechos y eventos reales. Tiene un origen físico y puede ser considerada “verdadera” en el sentido de que se refiere a algo que efectivamente ocurrió. Este tipo de información nos permite observar y registrar detalles concretos de una instancia de la realidad.

Por otro lado, la información conceptual describe estructuras de conocimiento que organizan y representan ideas abstractas. No se limita a reflejar la realidad observable, sino que puede incluir elementos contruidos a partir del razonamiento individual, la comunicación social, la idealización o la abstracción.

Kangassalo enfatiza que ambas formas de información deben ser consistentes entre sí, y que la conceptualización es un proceso cognitivo esencial en la construcción del conocimiento [9]. En este sentido, la “conceptualización”, retomando a Thalheim, cumple un rol central en la creación de modelos: implica identificar y definir los conceptos clave que estructuran y organizan la información de forma útil y comprensible para sus usuarios [8]. Además, el modelo conceptual puede desempeñar múltiples funciones: documentación, negociación, aprendizaje, comunicación, explicación, descubrimiento, inspiración, modernización, reflexión y transmisión de experiencia [8].

A lo largo de la historia de la computación, han surgido diversas técnicas para el modelo conceptual de datos, tales como diagramas, lenguajes formales y notaciones gráficas. Entre ellas, el trabajo de Peter Chen se destaca como uno de los más influyentes.

En 1976, Chen propuso el DER [2] como herramienta para representar de forma visual y estructurada las entidades (objetos del mundo real), sus atributos (características) y las relaciones entre ellas. A pesar del tiempo transcurrido, el DER sigue siendo ampliamente utilizado por su notación gráfica intuitiva, su formalización rigurosa, su independencia de plataforma y su capacidad para representar jerarquías mediante generalización y especialización [2].

El modelo conceptual de datos —y, en particular, el uso del DER— es fundamental para el desarrollo de sistemas de información y bases de datos. No obstante, su valor educativo trasciende el aspecto técnico: fomenta habilidades cognitivas clave, alineadas con la BNCC de la Computación, que recomienda la enseñanza de técnicas para la organización y representación estructurada de datos desde la educación básica.

En este marco, el DER se presenta como una herramienta didáctica valiosa para el desarrollo de competencias como la “abstracción”, al permitir la representación visual de entidades, atributos y relaciones; el “análisis”, mediante la identificación de conexiones entre distintos elementos del sistema; la “síntesis”, a través de la construcción de esquemas que condensan información esencial; y el “razonamiento lógico”, al aplicar reglas consistentes para estructurar datos.

Estas habilidades, señaladas en la BNCC de la Computación como esenciales, pueden desarrollarse de manera más intuitiva mediante el modelo visual, incluso entre estudiantes sin experiencia previa en programación o conceptos técnicos. De este modo, el uso del DER en contextos educativos contribuye no solo a la formación técnica, sino también al fortalecimiento del pensamiento computacional y del aprendizaje significativo desde etapas iniciales de la escolarización.

2.2 Computación desconectada

En muchos entornos escolares de Brasil, la falta de acceso a computadoras y dispositivos digitales constituye una barrera significativa para la enseñanza de la computación [10]. Según datos del reporte “ICT Kids Online Brazil Survey 2024”, apenas 51 % de los niños y adolescentes de 9 a 17 años acceden a Internet en la escuela, y esta cifra varía considerablemente según la edad: solo el 13 % de los niños de 9 a 10 años, el 61 % de los de 13 a 14 años y el 81% de los adolescentes de 15 a 17 años reportan haber utilizado Internet en el entorno escolar [11]. Esto indica que, a medida que los estudiantes crecen, el acceso a la tecnología en la escuela se vuelve más común,

pero aún existen brechas significativas en las etapas iniciales de la educación.

En este contexto, la Computación Desconectada se consolida como una estrategia pedagógica valiosa para democratizar el acceso al conocimiento y desarrollar el pensamiento computacional desde las primeras etapas de la educación. Además, la Computación Desconectada se alinea estrechamente con los principios de la BNCC de la Computación [12].

Más que una solución de emergencia ante la falta de recursos, esta metodología se basa en el uso de actividades físicas, juegos y representaciones visuales para explorar conceptos abstractos de la computación de forma tangible, lúdica y significativa [12]. Este enfoque no solo se adapta a diferentes niveles de escolaridad, sino que también favorece la participación activa del estudiantado, el desarrollo del razonamiento lógico y la comprensión de estructuras complejas sin depender de herramientas digitales, destacando que la Computación Desconectada está alineada con los principios de la BNCC de la Computación [13].

El material "Datos a la Mano" se inspira en este enfoque para ofrecer una experiencia de aprendizaje accesible, centrada en la manipulación de piezas físicas que representan entidades, atributos y relaciones. Sin embargo, su propuesta va más allá del uso de recursos concretos: se trata de una herramienta didáctica diseñada para favorecer la apropiación efectiva de conceptos clave de modelo del modelo de datos, especialmente en contextos donde la enseñanza suele centrarse en la memorización de definiciones técnicas.

Según la perspectiva del "aprendizaje profundo", los estudiantes no deben limitarse a memorizar y reproducir información sin comprenderla (*surface-level processing*), sino que deben atribuir significado al contenido (*deep-level processing*), relacionándolo con sus propias experiencias y elaborando activamente modelos mentales [14,15]. Esto implica que, al interactuar con los elementos de modelo conceptual y aplicarlos en las actividades propuestas por "Datos a la Mano", los estudiantes no solo organizan datos, sino que construyen sig-

nificados a partir de ellos, al tiempo que abstraen información y desarrollan una comprensión más sólida del problema que están modelando.

La manipulación no puede entenderse como un fin en sí misma, sino como un medio para facilitar la asimilación de formas y términos de manera más concreta [16]. Para que la experiencia táctil sea efectiva en la promoción de aprendizajes conceptuales o abstractos, debe estar directamente vinculada con objetivos de uso presentados anteriormente [16]. Por esta razón, "Datos a la Mano" incorpora un Manual del Profesor que propone actividades mediante las cuales los conceptos se introducen de forma gradual, permitiendo modelar situaciones-problema cada vez más complejas. Al orientar el uso del material físico en tareas prácticas, el conocimiento factual asociado a los conceptos representados en las piezas puede ser incorporado de manera más profunda y significativa.

En resumen, el aprendizaje con piezas físicas no se reduce a la memorización de términos, sino que se transforma en un proceso activo de construcción de significados. Su uso como medio de acceso a conceptos abstractos fortalece la comprensión y promueve la equidad educativa. En lugar de exigir que los estudiantes se adapten desde el inicio a estructuras complejas, el recurso adapta el conocimiento a su realidad, ofreciendo un puente accesible entre lo concreto y lo conceptual.

2.3 Arco de Maguerez

El Arco de Maguerez, fundamentado en una perspectiva pedagógica inspirada en Paulo Freire, propone una secuencia de cinco etapas que orientan la acción educativa: observación de la realidad, identificación de puntos clave, teorización, formulación de hipótesis de solución y aplicación a la realidad [7]. Este enfoque parte de situaciones concretas vividas por los estudiantes y promueve una comprensión profunda de los contenidos al vincular la teoría y práctica, además de fomentar el pensamiento crítico.

En el contexto de la enseñanza del modelo conceptual de datos, esta metodología resulta especialmente pertinente. A través de sus etapas, los estudiantes pueden identificar problemas reales, analizar sus componentes, reconocer entidades, atributos y relaciones, y representar estas estructuras mediante modelos de datos.

El Manual de Profesor que acompaña al material “Datos a la Mano” se inspira en esta lógica pedagógica. Las actividades propuestas invitan a los estudiantes a observar su entorno, formular explicaciones y aplicar el conocimiento adquirido en situaciones concretas. De esta manera, se fortalece el protagonismo del alumnado en el proceso de construcción del saber, alineando la propuesta con una educación activa, contextualizada y transformadora.

III. Diseño de material

El diseño del material “Datos a la Mano” no responde a una lógica meramente instrumental, sino que se fundamenta en una concepción pedagógica orientada a promover un aprendizaje activo y colectivo. Su desarrollo partió de una pregunta central: ¿cómo posibilitar que estudiantes con escaso o nulo contacto con la computación sean capaces de representar, estructurar y comprender datos de forma significativa?

Además de las consideraciones pedagógicas, el diseño del material también enfrenta desafíos prácticos. En Brasil, muchas escuelas carecen de infraestructura tecnológica adecuada, lo que dificulta el uso de herramientas digitales para la enseñanza de la computación. En este escenario, resulta fundamental desarrollar recursos de bajo costo que puedan ser implementados en aulas con recursos limitados y que no dependan del uso de computadoras ni de conexión a internet.

Con el objetivo de responder a esta necesidad, se desarrolló un recurso didáctico que no solo facilita la enseñanza del modelo conceptual de datos, sino que también promueve la participación activa y el aprendizaje colaborativo entre los estudiantes. El

material fue concebido con dos componentes principales. El primero consiste en un conjunto de piezas móviles elaboradas con imán flexible y superficie borrable (ver Fig. 1). Estas piezas representan los elementos esenciales del DER: entidades, atributos y relaciones. La elección de materiales ligeros, resistentes y fácilmente manipulables busca favorecer el trabajo colaborativo en mesas o pizarras metálicas, propiciando un aprendizaje activo, táctil y visual.

Figura 1. Detalle de una pieza borrable que representa una entidad. Las piezas permiten escribir con marcador de pizarra blanca y son reutilizables, lo que favorece la experimentación y la corrección durante las actividades de modelado

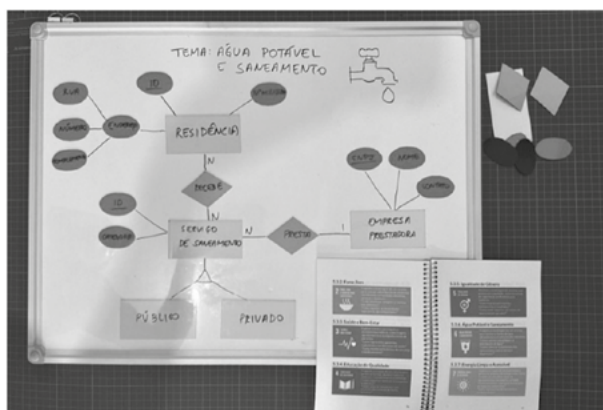


Nota: fuente elaboración propia.

El segundo componente es el Manual del Profesor, un cuadernillo impreso en formato A5 que orienta el uso del material. No se trata de una simple colección de actividades, sino de una herramienta de acompañamiento docente que articula teoría, práctica y contexto. El manual se organiza en siete capítulos, que abarcan desde la introducción al modelo conceptual hasta propuestas de proyectos integradores basados en problemáticas reales, como los ODS propuestos por la ONU [17].

Una decisión de diseño central fue concebir el recurso como un medio de representación dialógica. Las figuras no tienen un uso rígido ni se presentan como piezas de un rompecabezas con solución única. Por el contrario, pueden combinarse, reorganizarse y resignificarse según los desafíos planteados en clase (ver Fig. 2). Esa apertura permite que el material se adapte a distintas realidades educativas y fomente la creación de modelos propios por parte de los estudiantes.

Figura 2. Ejemplo de aplicación práctica del material. La actividad aborda el tema “Agua Potable y Saneamiento” en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los estudiantes representan entidades, atributos y relaciones en una pizarra blanca metálica, utilizando las piezas del kit



Nota: fuente elaboración propia.

Durante las actividades, el uso compartido del tablero magnético se convierte en un espacio simbólico de diálogo y construcción colectiva. Al mover, conectar y justificar la posición de cada pieza, los estudiantes se enfrentan al desafío de traducir situaciones del mundo real en estructuras lógicas. Este proceso refuerza no solo habilidades técnicas, como la abstracción y el análisis, sino también habilidades sociales, tales como la argumentación, la negociación y la colaboración.

Así, el diseño del material no solo busca representar datos, sino también crear condiciones para que más personas puedan acceder a los lenguajes estructurales de la computación, en sus propios términos y desde sus propias realidades.

IV. Manual del profesor

El “Manual del Profesor” que acompaña al material “Datos a la Mano” fue concebido como una extensión pedagógica del propio recurso. Más que un instructivo técnico, constituye una herramienta de formación docente que busca fortalecer la capacidad del profesorado para mediar el aprendizaje de conceptos complejos del modelo conceptual de datos, incluso en contextos de alta diversidad y con escasos recursos tecnológicos.

El manual se estructura en siete capítulos (ver Tabla 2) y ofrece un recorrido gradual desde los fundamentos teóricos de la modelación de datos hasta la implementación de proyectos contextualizados. Esta organización no solo responde a una lógica didáctica progresiva, sino que también refleja una visión crítica del rol docente: el profesor no es un transmisor pasivo de contenidos, sino un agente activo que interpreta, adapta y resignifica el material en diálogo con su grupo [5].

En sus primeros capítulos, el manual ofrece bases teóricas claras para que los profesores comprendan el valor del modelo conceptual como herramienta de organización del conocimiento. Se introducen conceptos clave, como entidades, atributos, relaciones y cardinalidad, siempre acompañados de ejemplos cercanos a la vida cotidiana de los estudiantes. Este enfoque de teoría y práctica busca romper con la abstracción técnica que, muchas veces, aleja la computación del contexto escolar y de los saberes previos del alumnado [18].

Una sección especialmente significativa del manual está dedicada a la adaptación del Arco de Maguez como metodología para la enseñanza del modelo. Este enfoque, inspirado en la pedagogía de Paulo Freire, parte de la observación de problemas reales y promueve una conexión crítica entre teoría y práctica [7]. Al incorporar esta lógica, el material asume que aprender a modelar datos no es solo un ejercicio formal, sino también un acto de lectura del mundo: los estudiantes son invitados a observar su entorno (una escuela, una comunidad, una ONG), identificar las estructuras de información

presentes y proponer representaciones lógicas de esos escenarios.

Además, el manual articula los contenidos del DER con los ODS, lo que permite abordar la computación como un campo comprometido con la transformación social. Esta vinculación no solo enriquece los proyectos propuestos, sino que también legitima la computación como parte de una educación integral, sensible a los grandes desafíos contemporáneos.

Al final de cada capítulo, se ofrecen orientaciones abiertas, invitaciones a la reflexión y propuestas que pueden adaptarse según las necesidades de cada realidad educativa. Esta flexibilidad busca empoderar al profesorado, no imponerle una receta. En suma, la guía docente no se limita a enseñar cómo usar el recurso, sino que invita a construir una práctica pedagógica situada, crítica y transformadora a partir del modelo de datos.

Tabla 2. Sumario del Manual del Profesor, adaptada y traducida del portugués

Cap.	Sección / Subtópico	Descripción
1.	Presentación del Kit	Contextualiza el material, presentando su finalidad y cómo hacer más accesible el modelo de datos.
1.1	Introducción	Explica la motivación del kit: reducir la abstracción excesiva de la modelación de datos y motivar a los estudiantes mediante recursos prácticos.
1.2	Público objetivo	Profesores de distintos niveles (básico, técnico y superior). El kit es adaptable a diferentes edades y contextos educativos.
1.3	Objetivos de aprendizaje	Desarrollar habilidades de abstracción, análisis, síntesis y razonamiento lógico, usando ejemplos basados en los ODS.
2.	Preparándose para enseñar Modelado de Datos	Presenta fundamentos teóricos y la conexión con conceptos previos de abstracción, análisis, síntesis y representación.
2.1	Fundamentos del Modelado Conceptual	Explica por qué modelar datos antes de la implementación de un banco, destacando costos, consistencia e integridad.

2.2	Elementos del Modelado Conceptual	Introduce entidades (rectángulos), atributos (elipses) y relaciones (rombos) según la notación de Chen.
3.	Explorando los Subtipos	Profundiza en tipos de entidades, atributos y relaciones con ejemplos contextualizados.
3.1	Subtipos de Entidades	Entidades fuertes y débiles; generalización y especialización con ejemplos de organizaciones sociales.
3.2	Subtipos de Atributos	Atributos simples, compuestos, multivalorados, derivados y claves, con ejemplos de una clínica comunitaria.
3.3	Subtipos de Relaciones	Participación obligatoria/opcional y cardinalidades con ejemplos de contextos escolares.
4.	Actividades Prácticas	Ejercicios con tres niveles de dificultad (fácil, medio, difícil) y síntesis final de progresión.
4.1	Ejercicios con Entidades	ONG y pozos artesianos: introduce entidades fuertes, débiles y especializaciones.
4.2	Ejercicios con Atributos	Familias en vulnerabilidad: atributos simples, compuestos, multivalorados, derivados y claves.
4.3	Ejercicios con Relaciones	ONG con entrenamientos: relaciones N:N, 1:N, y evaluación de participantes.
4.4	Ejercicios con Relaciones	Energía solar: entidades vivienda, proveedor, instalador y mediciones.
5.	Identificando Nuevos Problemas	Aplica el Arco de Maguerez para que los estudiantes modelen basándose en los ODS.
5.1	Más allá de resolver problemas	Estimula el protagonismo estudiantil: identificar problemas del cotidiano.
5.2	El Arco de Maguerez en el Modelado	Etapas: observación, puntos clave, teorización, hipótesis y aplicación a la realidad.
5.3	Sugerencia de Grandes Temáticas	Conecta las actividades con los 17 ODS (pobreza, salud, educación, medio ambiente, etc.).
6.	Conclusión	Reflexiona sobre la importancia de la creatividad y la colaboración en el aprendizaje del modelado.
7.	Referencias	Lista bibliográfica con autores clásicos y los ODS de la ONU.

Nota: fuente elaboración propia.

V. Experiencias iniciales

El desarrollo del material “Datos al Alcance de la Mano” fue guiado no solo por referencias teóricas y normativas, sino también por un compromiso con la escucha activa de los docentes que intervienen en la enseñanza de la computación.

Una de las primeras validaciones públicas del prototipo se realizó durante el “I Seminario de Prácticas Pedagógicas y Formación Docente en Computación” organizado por el Departamento de Ciencia de la Computación de la Universidad de Brasilia (CIC/UnB) en enero de 2025. La propuesta se presentó en formato de stand interactivo, en el que los docentes pudieron experimentar directamente con las piezas imantadas, el tablero de montaje y el manual. Esta estrategia no solo permitió evaluar la usabilidad del recurso, sino también generar conversaciones espontáneas sobre los desafíos cotidianos de enseñar computación en escuelas con realidades muy diversas.

Los relatos recogidos en ese espacio fueron de gran valor. Los docentes que participaron en el evento destacaron la claridad visual del material, su facilidad de uso y, sobre todo, su potencial para promover el aprendizaje colaborativo. Muchos señalaron que el formato físico del recurso —al permitir el movimiento libre de las piezas en una pizarra metálica— facilitaba dinámicas de grupo más participativas y fomentaba el desarrollo del pensamiento lógico de forma lúdica y visual.

Un aspecto recurrentemente valorado fue la posibilidad de integrar los contenidos curriculares de computación con problemas reales, especialmente a través de los proyectos basados en los ODS. Esta conexión se interpretó como una oportunidad para trabajar la computación no como un saber aislado, sino como una herramienta para abordar problemáticas sociales y ambientales relevantes.

En términos logísticos, el material también fue bien recibido. El bajo costo de producción del kit —aproximadamente 59 reales brasileños (alrededor de 11 dólares estadounidenses)— se consideró una ventaja frente a otras soluciones didácticas disponibles. Además, se destacó que el manual podría

distribuirse digitalmente, reduciendo aún más los costos y facilitando su replicación en escuelas públicas con recursos limitados.

Estas reacciones no solo confirmaron la pertinencia del recurso, sino que también reforzaron la necesidad de materiales didácticos que reconozcan las condiciones reales de las escuelas que no cuentan con infraestructura tecnológica. La experiencia inicial de validación del material “Datos a la Mano” subrayó la importancia de un enfoque pedagógico que priorice la accesibilidad, la flexibilidad y la conexión con el contexto social y cultural de los estudiantes.

VI. Limitaciones y trabajos futuros

El material “Datos a la Mano” se encuentra aún en una etapa inicial de desarrollo y validación. Aunque las experiencias preliminares han sido positivas —incluyendo presentaciones en seminarios y visitas al Instituto Federal de Brasilia (IFB), en los campus Brasilia y São Sebastião, ambos con programas de Enseñanza Media Técnica en Informática—, se reconoce la necesidad de avanzar hacia estudios de campo más sistemáticos en aulas reales.

Los próximos pasos contemplan la implementación de metodologías mixtas que combinen enfoques cuantitativos y cualitativos para evaluar el impacto del recurso en el aprendizaje de los estudiantes. Inicialmente, se planea realizar un diseño experimental tipo A/B, en el que una clase utilizará el material y otra no, con el objetivo de comparar los resultados de aprendizaje y la participación estudiantil en ambas condiciones.

Los enfoques cuantitativos incluirán la aplicación de pruebas de aprendizaje pre y post, el análisis de los modelos producidos por los estudiantes y métricas de desempeño. Por otro lado, los enfoques cualitativos abarcarán entrevistas con docentes y alumnos, observaciones participantes y análisis de las dinámicas de colaboración en el aula. Las hipótesis a evaluar incluyen mejoras en la comprensión de los conceptos de modelado de datos, así como un aumento en la motivación y la calidad de las producciones de los estudiantes. Asimismo, las entrevistas con los alumnos serán esenciales para

comprender sus percepciones sobre la utilidad y facilidad de uso del material, así como para identificar posibles dificultades o resistencias.

Los docentes consultados expresaron interés en utilizar el material, pero también señalaron la necesidad de disponer de tiempo, formación y acompañamiento pedagógico para integrarlo de manera significativa en sus prácticas. Como suele ocurrir con la introducción de nuevas metodologías, es posible que exista cierta resistencia al cambio, especialmente en contextos donde las rutinas de enseñanza ya están consolidadas.

Por ello, los trabajos futuros incluyen no solo la validación empírica en diferentes contextos escolares, sino también el diseño de un programa de capacitación docente. Este programa deberá abarcar tanto el uso técnico del recurso como estrategias pedagógicas para su integración curricular, además de promover espacios de intercambio de experiencias entre los profesores que adopten el material.

De esta manera, se busca garantizar que “Datos a la Mano” no solo sea una herramienta accesible, sino también efectiva y sostenible en el fortalecimiento del pensamiento computacional y del aprendizaje significativo, en coherencia con las directrices de la BNCC de Computación y con proyectos interdisciplinarios vinculados a los ODS.

VII. Consideraciones y proyecciones

En Brasil, la enseñanza de la computación en la educación básica enfrenta desafíos significativos. Más allá del acceso a tecnologías, el verdadero obstáculo está en garantizar que todos los estudiantes —sin importar su contexto— tengan oportunidades reales de desarrollar habilidades como el pensamiento computacional, la organización estructurada de la información y la capacidad de abstraer, modelar y resolver problemas. La BNCC de la Computación, en el caso de Brasil, formaliza estas expectativas, pero su implementación efectiva requiere recursos, formación docente y metodologías adaptadas a las realidades escolares.

Un análisis de la infraestructura tecnológica en las escuelas públicas de Brasil revela importantes desafíos. Aunque el 88,6% de las escuelas tiene acceso a internet, solo el 30,4% reporta tener una velocidad adecuada [1]. Además, el uso pedagógico de la red es limitado: apenas el 62,1% de las escuelas utiliza internet para el aprendizaje y solo el 39,2% ofrece acceso directo a los estudiantes [1]. En cuanto a los equipos, los proyectores multimedia están presentes en el 61,4% de las instituciones, mientras que el acceso a computadoras se divide entre equipos de escritorio (44,7%) y portátiles (38,1%) [1]. Las tecnologías menos comunes son las tabletas (15,7%) y las pizarras digitales (14,6%) [1].

En este contexto, “Datos a la Mano” se presenta no solo como un recurso didáctico concreto, sino como una propuesta político-pedagógica que busca ampliar el acceso al conocimiento computacional desde una perspectiva inclusiva, crítica y situada. Al partir de materiales físicos, reutilizables y colaborativos, el recurso rompe con la idea de que enseñar computación depende necesariamente de laboratorios informatizados, y propone una forma alternativa de introducir conceptos complejos a través del tacto, la visión y la experiencia compartida. Más allá de su dimensión técnica, el material se compromete con la formación integral del profesorado, proporcionando un manual que no prescribe recetas, sino que invita a interpretar y adaptar el recurso desde la propia realidad docente.

Los primeros retornos obtenidos a partir de experiencias en seminarios y espacios educativos indican que existe una demanda concreta por materiales de este tipo: accesibles, adaptables y significativos. En esa dirección, los próximos pasos del proyecto incluyen la realización de estudios de campo en aulas de educación media técnica, con metodologías mixtas que combinan observación, entrevistas, análisis de modelos producidos por los alumnos y evaluación de la apropiación conceptual.

En suma, “Datos a la Mano” no es solo un recurso didáctico, sino una invitación a repensar la enseñanza de la computación desde una perspectiva inclusiva y contextualizada. Al ofrecer herramientas concretas para el modelo conceptual de datos, busca forta-

lecer tanto a estudiantes como a docentes en su proceso de aprendizaje, promoviendo un acceso equitativo al conocimiento computacional en Brasil.

VIII. Referencias

- [1] Todos Pela Educação, *Anuário Brasileiro da Educação Básica 2024*. 2024.
- [2] P.-S. Chen, "The entity-relationship model—toward a unified view of data," *ACM Trans. Database Syst. (TODS)*, vol. 1, pp. 9–36, Mar. 1976.
- [3] Brasil, *Computação: complemento à BNCC*. 2022.
- [4] Organização das Nações Unidas, *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015.
- [5] O. Freitas, *Equipamentos e Materiais Didáticos*. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2007.
- [6] T. Bell, J. Alexander, I. Freeman, and M. Grimley, "Computer Science Unplugged: school students doing real computing without computers," *New Zealand J. Appl. Comput. Inf. Technol.*, vol. 13, pp. 20–29, 2009.
- [7] J. D. Bordenave and A. M. Pereira, *Estratégias de ensino-aprendizagem*, 33rd ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2015.
- [8] B. Thalheim, "Conceptual Models and Their Foundations," in *Model and Data Engineering*, K.-D. Schewe and N. K. Singh, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 123–139.
- [9] H. Kangassalo, "Approaches to the Active Conceptual Modelling of Learning," in *Active Conceptual Modeling of Learning*, P. P. Chen and L. Y. Wong, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 168–193.
- [10] C. P. Brackmann, "Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica," Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- [11] Brazilian Network Information Center (NIC.br), for Studies on the Development of the Information Society (Cetic.br) RC, *ICT Kids Online Brazil Survey 2024 – Executive Summary*. 2024.
- [12] L. Rodrigues, A. M. Toda, W. Oliveira, et al., "Gamification works, but how and to whom? An experimental study in the context of programming lessons," in *Proc. 52nd ACM Tech. Symp. Computer Science Education*, 2021, pp. 184–190.
- [13] J. S. Filho, M. L. Filho, and M. Fernandez, "Systematic Literature Review on Unplugged Computing in Basic Education," in *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024, pp. 2051–2063.
- [14] F. Marton and R. Säljö, "On Qualitative Differences in Learning: I—Outcome and Process," *Br. J. Educ. Psychol.*, vol. 46, pp. 4–11, Feb. 1976.
- [15] F. Marton and R. Säljö, "On Qualitative Differences in Learning: II—Outcome as a Function of the Learner's Conception of the Task," *Br. J. Educ. Psychol.*, vol. 46, pp. 115–127, jun. 1976.
- [16] M. Novak and S. Schwan, "Does Touching Real Objects Affect Learning?," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 33, pp. 637–665, Mar. 2021.
- [17] U. Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015.
- [18] D. P. Ausubel, *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.



Tipografía: Avenir
Materiales: propalcote 300 g y bond 90 g.

Impreso por: Papeles Pa' Ya
Carrera 69k # 71-23 (oficina 302), Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 317 435 8309
E-mail: papeles.paya.sas@gmail.com
Bogotá, Colombia

Sello Editorial TdeA
Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria
Dirección de Investigación - Facultad de Ingeniería
Calle 78B No. 72-220. Medellín - Colombia, Suramérica.
www.tdea.edu.co
2025