



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Maristela: Um Chatbot com Inteligência Artificial Generativa como Suporte ao Ensino no Moodle

Wanderson Jean Conceição Silva

Dissertação apresentada como requisito parcial para
conclusão do Mestrado em Informática

Orientadora
Prof.a Dr.a Maristela Terto de Holanda

Brasília
2025

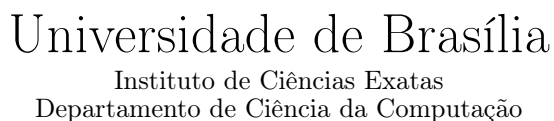
Ficha Catalográfica de Teses e Dissertações

Esta página existe apenas para indicar onde a ficha catalográfica gerada para dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidas na UnB. A Biblioteca Central é responsável pela ficha, mais informações nos sítios:

<http://www.bce.unb.br>

<http://www.bce.unb.br/elaboracao-de-fichas-catalograficas-de-teses-e-dissertacoes>

Esta página não deve ser inclusa na versão final do texto.



Wanderson Jean Conceição Silva

Prof.a Dr.a Maristela Terto de Holanda (Orientadora)
CIC/UnB

Prof.a Dr.a Célia Ghedini Ralha Prof. Dr. Rodrigo Silva Duran
CIC/UnB IFB

Prof. Dr.a Cláudia Nalon
Coordenador do Programa de PÓS-graduação em Informática

Brasília, 29 de Dezembro de 2025

Dedicatória

Aos meus pais, que ergueram o impossível com as próprias mãos, e aos que me antecederam, cuja coragem e ternura me fizeram homem. Dedico-lhes esta obra como quem devolve, em palavras, o amor que moldou meu destino.

Agradecimentos

A Deus, que me concedeu o dom deste caminho e fez da minha vida uma prova silenciosa de que toda luz nasce da fé.

Aos meus pais, "*Cantidinha*" (Cantídia Maria da Conceição Silva) e "*Manin*" (Uênides Ferreira da Silva), pelo amor incondicional, pela força e pela dedicação que sempre me ensinaram a não ceder diante das dificuldades. Vocês são meu alicerce e minha maior inspiração. Pelo apoio material e, sobretudo, pelas lições de dignidade, sou e serei eternamente grato por tudo que fizeram e fazem por mim. Tirando de onde não tinham, deram-me o que havia de melhor dentro das possibilidades, mostrando-me que o amor e a entrega superam qualquer limitação. É por vocês que sigo, vivo e luto. Amo vocês.

Aos meus avós maternos, *in memoriam*, "*Vó Júlia*" (Maria Júlia Batista de Souza) e "*Vô Antônio*" (Antônio Alves de Souza), pelo carinho e pela sabedoria que deixaram como herança maior. Diante das tempestades, ensinaram-me a serenidade; diante da dureza da vida, ensinaram-me a fé. Mesmo ausentes, continuam a me guiar, sua lembrança é farol nas noites escuras, e o amor que deixaram em mim não se apagará jamais. A memória de vocês é mais do que lembrança: é lição, é raiz.

À professora Maristela Terto de Holanda, minha orientadora, por acreditar em mim quando até eu duvidei. Por lutar pela minha permanência no PPGI e fazer da orientação um gesto de humanidade e coragem. Sua presença foi farol neste percurso. Seu gesto foi mais que acadêmico, foi um ato de fé em mim.

À Universidade de Brasília (UnB), por me fazer acreditar que posso mais e por me mostrar que existem pessoas comprometidas em fazer do Brasil um lugar melhor através da educação de qualidade e de ponta. Depois que entrei, descobri um universo de possibilidades que outrora não existiam no meu mundo.

A todos os mestres e doutores que, um dia, me ensinaram nesta jornada acadêmica até aqui. Vocês certamente acenderam a chama em mim, fazendo com que eu tivesse aquele primeiro estalo de que sim, seria possível chegar até aqui. Cada aula, cada conselho e cada incentivo foram peças essenciais para que eu construísse o caminho que me trouxe a este momento.

Foi o prazer da luta, e não a confiança na vitória, que me animou a seguir em frente, mesmo quando tudo parecia incerto e perdido.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer-me. Quero me agradecer por acreditar em mim, por fazer todo esse trabalho duro, por não ter dias de folga, por nunca desistir, por sempre ser um doador e tentar dar mais do que recebo, por tentar fazer mais certo do que errado e, acima de tudo, por ser eu em todos os momentos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada, meu eterno agradecimento. Esta vitória é nossa!

Resumo

O presente trabalho tem como intento introduzir e avaliar o *chatbot* Maristela, uma solução baseada em Inteligência Artificial Generativa (IAGen) desenvolvida para integração com a plataforma Moodle. Busca-se, com esta proposta, enfrentar limitações inerentes aos processos formativos iniciais mediados por ambientes virtuais de aprendizagem, oferecendo uma experiência de aprendizagem mediada pelo *chatbot* Maristela. O *chatbot* Maristela combina técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e um *design* centrado no usuário. A ferramenta gera *feedback* automático, ajustado ao contexto de cada interação, de modo a promover uma aprendizagem mais personalizada. A arquitetura da solução inclui, ainda, um painel administrativo que viabiliza a gestão de dados educacionais, permitindo a análise de dados como o histórico das interações, além de integrar um sistema de curadoria para as respostas geradas pelo *chatbot* Maristela, fundamental para gerenciar e identificar possíveis alucinações, bem como para fazer a gestão de elementos de gamificação (como *badges* e níveis). A validação da proposta foi realizada com estudantes do nível técnico da disciplina de Introdução à Informática, mediante o acompanhamento do uso da ferramenta e a coleta de percepções dos próprios discentes e do docente responsável pela disciplina. Com isso, busca-se evidenciar em que medida o *chatbot* Maristela torna o processo de ensino-aprendizagem mais interativo e gerenciável, atendendo às demandas por um suporte pedagógico e por interações mais engajadoras durante as aulas.

Palavras-chave: Moodle, *plugin* Maristela, ensino de computação, inteligência artificial, *feedback* automático

Abstract

The present work aims to introduce and evaluate the Maristela *chatbot*, a solution based on Generative Artificial Intelligence (GenAI) developed for integration with the Moodle platform. This proposal seeks to address limitations inherent to initial training processes mediated by virtual learning environments, offering a learning experience supported by the *Maristela chatbot*. The *Maristela chatbot* combines Natural Language Processing (NLP) techniques and a user-centered *design*. The tool generates automatic *feedback*, adjusted to the context of each interaction, in order to promote a more personalized learning experience. The solution's architecture also includes an administrative dashboard that enables the management of educational data, allowing the analysis of information such as interaction history, in addition to integrating a curation system for the responses generated by the Maristela *chatbot*, which is essential for managing and identifying possible hallucinations, as well as for handling gamification elements (such as badges and levels). The proposal was validated with technical-level students enrolled in the Introduction to Informatics course, through monitoring the use of the tool and collecting perceptions from both the students and the instructor responsible for the course. Thus, the study seeks to demonstrate to what extent the Maristela *chatbot* makes the teaching-learning process more interactive and manageable, meeting the demands for pedagogical support and more engaging interactions during classes.

Keywords: Moodle, Maristela plugin, computing teaching, artificial intelligence, automatic feedback

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Definição do Problema	3
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo geral	3
1.2.2	Objetivos específicos	4
1.3	Contribuições	5
1.4	Metodologia: DSR	5
1.5	Estrutura do Documento	6
2	Referencial Teórico	8
2.1	<i>Feedback</i> : Definição, Origem, Evolução e Tipos	8
2.2	Limitações dos Modelos Condicionais e a Emergência das Abordagens com IA	9
2.3	O Moodle e a Integração de Tecnologias	10
2.4	IAGen na Educação	11
2.4.1	Modelos de IAGen	11
2.4.2	IA na Educação	12
2.4.3	<i>Chatbots</i> e Educação	13
2.5	Gamificação	14
2.6	Antropomorfismo e a IA Conversacional	14
3	Trabalhos Relacionados	16
3.1	Literatura sobre <i>Feedback</i> Automático no Ensino de Computação	16
3.2	IAGen em perspectiva: Transição e Revisão Complementar	19
3.2.1	Efeitos da IAGen na Motivação e Engajamento dos Estudantes em Programação	20
3.3	Alucinações em IAGen: riscos, indicadores e estratégias de mitigação	20
3.4	Análise Comparativa com outras Soluções	22
3.5	Lacunas na Integração de IAGen ao Moodle	23

3.6	Percepções sobre o Estado da Arte e o Papel da IAGen no Contexto Educacional Atual	25
4	Arquitetura e Implementação do <i>Chatbot</i> Maristela	27
4.0.1	Visão Geral da Aplicação	27
4.0.2	Diagrama de Classes	30
4.1	Descrição das Funcionalidades da Aplicação	32
4.1.1	Tela Inicial	32
4.2	Requisitos e Funcionalidades	33
4.2.1	Ambiente de Hospedagem	34
4.2.2	Moodle	34
4.2.3	Requisitos de Acesso e Autenticação	34
4.2.4	Configuração do <i>chatbot</i>	34
4.2.5	Configurando o modo Chat	36
4.2.6	Configurando o Modo Assistente	38
4.3	Painel de Gestão de Dados e suas Funcionalidades	40
4.3.1	Curadoria humana	41
4.3.2	Gamificação	42
4.3.3	Exportação de dados	43
5	Aplicação e Resultados	45
5.1	Contexto e Participantes	45
5.2	Metodologia de Pesquisa	46
5.2.1	Protocolo de Uso (Ciclo de 2 Meses)	47
5.2.2	Avaliação de percepção com o Modelo TAM	49
5.3	Análise Estatística dos Dados	52
5.3.1	Preparação dos dados	52
5.3.2	Correlação entre construtos	53
5.3.3	Distribuição por construto	55
5.3.4	Relação ponto a ponto entre atitude e intenção e o uso efetivo da escala Likert	56
5.3.5	Matriz de correlação entre todos os itens	57
5.4	Análise dos Resultados à Luz da Hipótese de Pesquisa	57
5.4.1	Hipótese de Pesquisa	57
5.4.2	Evidências Quantitativas	58
5.4.3	Evidências Qualitativas	58
5.4.4	Acompanhamento Docente	59
5.5	Limitações	59

6 Conclusão	61
Referências	63

Lista de Figuras

3.1	Distribuição de artigos por país [1].	17
3.2	Número de artigos publicados entre 2017 – 2021.	18
4.1	Arquitetura Simplificada	29
4.2	Diagrama de casos de uso	30
4.3	Diagrama de Classes	31
4.4	MarisTELAS	32
4.5	Tela do <i>chatbot</i> Maristela em Funcionamento (Exapndido).	33
4.6	Tela do <i>chatbot</i> Maristela em Funcionamento (Bloco).	33
4.7	Configuração do Bloco no Moodle	35
4.8	Diagrama de casos de uso	37
4.9	<i>Prompt</i> inicial	37
4.10	Configuração da Gamificação	38
4.11	Configuração do modo Agente/Assistente	39
4.12	Configuração do modo Agente/Assistente	40
4.13	Painel de métricas de uso	41
4.14	Interface de <i>Feedback</i> Qualitativo (Curadoria Humana).	42
4.15	Configurações das <i>Badges</i> de Engajamento.	43
4.16	Configurações das <i>Badges</i> de Engajamento.	44
5.1	Alunos usando o <i>chatbot</i> Maristela	46
5.2	Alunos usando o <i>chatbot</i> Maristela	46
5.3	Atividade 1 – uso do <i>chatbot</i> Maristela como fonte de apoio conceitual. . .	48
5.4	Atividade 2 – elaboração de relatório com citação da ferramenta como fonte.	48
5.5	Instrumento de Percepção (Estudantes) — Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).	50
5.6	Construtos de PU e ATU.	51
5.7	Instrumento de Percepção (Professora)	52
5.8	Médias dos construtos TAM — Estudantes	53
5.9	Correlação entre os construtos do modelo TAM (estudantes)	54

5.10 Distribuição das médias individuais dos estudantes	55
5.11 Distribuição das respostas por construto TAM	55
5.12 Relação entre ATU e BI	56

Lista de Tabelas

2.1	Características dos modelos de IAGen relevantes ao <i>chatbot</i> Maristela . . .	11
3.1	Modelos de IAGen mais utilizados nos estudos analisados	20
3.2	Análise comparativa de <i>chatbots</i> educacionais semelhantes	23
4.1	Comparação entre os modos <i>chat</i> e <i>assistant</i> no <i>chatbot</i> Maristela	36
5.1	Médias e dispersões dos construtos TAM – estudantes	53

Lista de Abreviaturas e Siglas

API *Application Programming Interface.*

ATU Atitude em Relação ao Uso (Attitude Toward Using).

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem.

AVAs Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

BI Intenção Comportamental de Uso (Behavioral Intention).

CCR Confirmação de Confiabilidade das Respostas.

DSR *Design Science Research.*

FIE Frontiers in Education Conference.

GenAI Generative Artificial Intelligence.

IA Inteligencia Artificial.

IAGen Inteligencia Artifical Generativa.

IFPI Instituto Federal do Piauí.

LA *Learning Analytics.*

LLM's *Large Language Models.*

MARISTELA *Moodle AI-driven ResponsIve System for Teaching and Enhanced Learning Assistance.*

MOOCs *Massive Open Online Courses.*

NLP Natural Language Processing.

PEOU Facilidade de Uso Percebida (Perceived Ease of Use).

PRA Proporção de Respostas Adequadas.

PU Utilidade Percebida (Perceived Usefulness).

RAG Retrieval-Augmented Generation.

TAM Modelo de Aceitação de Tecnologia.

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

UFMA Universidade Federal do Maranhão.

UnB Universidade de Brasília.

Capítulo 1

Introdução

A evasão constitui um dos principais desafios enfrentados pelas instituições de ensino, especialmente nos cursos da área de Computação. Estudos nacionais e internacionais apontam taxas persistentemente elevadas de abandono por parte dos alunos, sobretudo nos anos iniciais da formação em Computação, evidenciando um fenômeno que envolve aspectos pedagógicos, institucionais, socioeconômicos e cognitivos [2, 3]. Esse cenário compromete não apenas a trajetória acadêmica dos estudantes, mas também a eficiência dos sistemas educacionais, demandando ações estruturadas e preventivas voltadas à permanência e ao sucesso acadêmico.

Em instituições como a Universidade de Brasília (UnB), estudos apontam que a evasão no curso de Licenciatura em Computação chega a 52%, com 75% dos desligamentos ocorrendo nos primeiros seis semestres [4]. Tais números reforçam a necessidade premente de intervenção nos anos iniciais da formação em Computação [5, 6].

Nesse contexto de crescente demanda, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) e demais plataformas educacionais surgem como possíveis soluções para apoiar o processo de ensino-aprendizagem, principalmente no que tange à escalabilidade da avaliação e do *feedback* [7, 8, 9]. Diante da natureza prática e interativa dos conteúdos introdutórios nos anos iniciais da formação em Computação, torna-se necessária a adoção de estratégias que viabilizem o suporte e individualizado ao estudante [10].

Historicamente, ferramentas e ambientes virtuais de avaliação, presentes no cenário educacional desde a década de 1960, caracterizam-se por metodologias baseadas na apresentação de *feedback* e dicas (*hints*) em formato textual, abordagem que ainda persiste nas principais plataformas educacionais da atualidade [11, 12]. Em contraste, boa parte dos *chatbots* tradicionalmente empregados no ensino baseiam-se em técnicas como testes de unidade ou análise estática de regras [13, 14]. Nesses casos, o *feedback* gerado costuma ser estritamente binário, restringindo-se a indicar se a resposta está correta ou incorreta em relação a um conjunto de entradas e saídas, sem fornecer explicações sobre as causas do

erro, os conceitos subjacentes ou as etapas do raciocínio que necessitam de revisão. Tais abordagens geram *feedback*, em sua maioria, binário e restrito, tipicamente informando apenas se o teste passou ou falhou [13]. Este *feedback* insuficiente falha em resolver as dificuldades conceituais e estratégicas enfrentadas por discentes iniciantes [13].

Embora a integração com Inteligência Artificial Generativa (IAGen) em ferramentas educacionais e ambientes de apoio à aprendizagem esteja em curso, a literatura demonstra uma carência de ferramentas que unam o poder da IAGen com gestão de dados e interações, gamificação, curadoria de respostas e métricas para *Learning Analytics* (LA) [15]. Diante dessa limitação no *feedback* automatizado convencional, a evolução dos AVAs e dos sistemas de suporte avança notavelmente em direção à integração com a IAGen [5, 16], movimento intensificado após o lançamento de modelos como o *ChatGPT* em 2022 [17, 18, 19]. Essa integração redefine o papel do *feedback* automático, permitindo que as respostas geradas sejam mais sensíveis ao contexto do estudante. Nesse cenário, *chatbots* baseados em IAGen podem oferecer suporte pedagógico automatizado e ininterrupto [20, 21], gerando explicações conceituais personalizadas [22], auxiliando na avaliação de legibilidade e manutenibilidade [23] e melhorando a qualidade do *feedback* fornecido [24, 25, 26].

Nesse sentido, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução denominada *Moodle AI-driven Responsive System for Teaching and Enhanced Learning Assistance* (MARISTELA). Trata-se de um *chatbot* concebido para integração com a plataforma Moodle, cujo objetivo é estabelecer uma arquitetura voltada para a interação e o acompanhamento pedagógico dos discentes através de um painel administrativo. O *chatbot* Maristela atua de maneira integrada junto ao Moodle para fornecer *feedback* automático e personalizado. Sua inovação consiste em articular o poder da IAGen com funcionalidades de gestão de dados, superando as limitações das ferramentas convencionais, características que são essenciais para o suporte e o acompanhamento de professores e tutores. Isso inclui a curadoria de respostas, a gestão de elementos de gamificação (*badges* e níveis), indicadores como participantes mais ativos, termos mais recorrentes e horários de maior atividade, métricas que podem ser aplicadas no contexto de *Learning Analytics* (LA) [15], possibilitando intervenções direcionadas.

Um elemento que distingue o *chatbot* Maristela é a antropomorfização (nome e avatar), a exemplo do *Tutor IA Darcy* da UnB [27], ou até mesmo a MARA [28], primeiro *chatbot* institucional da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ambos buscando uma abordagem mais humanizada junto ao público-alvo, visando uma maior aceitação e interação com a ferramenta [29]. O *chatbot* Maristela busca criar um ambiente de baixo julgamento, reduzindo a ansiedade típica do iniciante no ambiente da sala de aula [30].

1.1 Definição do Problema

A presente pesquisa está inserida no contexto da formação inicial em Ciência da Computação, com foco nos anos iniciais da graduação e no ensino técnico. O estudo aborda desafios de aprendizagem e permanência associados a conteúdos fundamentais da área, organizados em eixos curriculares obrigatórios que concentram um grande contingente de estudantes. Esse público é composto majoritariamente por estudantes nos anos iniciais da graduação, com pouca ou nenhuma experiência prévia nos conceitos essenciais da área. Nesse cenário, esses estudantes necessitam de acompanhamento mais próximo e contínuo, demandando soluções que proporcionem acesso a dúvidas, personalização das respostas e medição do nível de engajamento.

Funcionalidades relacionadas à coleta e à análise das interações geradas pelo uso das ferramentas de suporte, bem como à curadoria de respostas e à gestão de gamificação (*badges* e níveis) ainda são pouco exploradas por tutores virtuais e *chatbots* com Inteligência Artificial (IA) aplicados à educação, especialmente no Moodle. Esse é o problema central que o *chatbot* Maristela buscou resolver.

Esta lacuna na gestão de dados apresenta dois aspectos principais, que impactam diretamente a forma como *chatbots* com IA atuam, especialmente no Moodle [31, 32]. Primeiro, o *feedback* tende a ser limitado e estático: as ferramentas tradicionais baseiam-se em testes de unidade ou comparações diretas de *output* [33], produzindo um *feedback* que, na maioria das vezes, é binário (aprovado ou reprovado, correto ou incorreto) [34] e restrito, frequentemente descrito como limitado e desumanizado [13]. Embora esse mecanismo seja útil para validar, por exemplo, a correção sintática [35], ele acaba sendo insuficiente para diagnosticar dificuldades conceituais e específicas de cada estudante [13]. Além disso, tende a ignorar indicadores relevantes do aprendizado, como dificuldades com conceitos específicos da linguagem estudada em sala [36].

Deste modo, em função do *feedback* binário e restrito, a plataforma acaba carecendo de uma interface conversacional em linguagem natural, com interações mais elaboradas e precisas [37, 38, 39]. Esse tipo de interação é central para esclarecer dúvidas conceituais e oferecer *feedback* automático e individualizado ao estudante, aproximando a experiência de uma tutoria personalizada [40, 41].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste mestrado é desenvolver o *chatbot* Maristela para auxiliar a aprendizagem de estudantes da área de Computação, bem como apoiar a gestão de dados docentes

por meio de um painel de informações integrado ao Moodle. A proposta envolve a oferta de *feedback* automático e interações personalizadas aos estudantes, aliadas a funcionalidades de acompanhamento, análise e suporte à tomada de decisão docente em contexto de uso real.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, tem-se os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver o *chatbot* Maristela, integrado ao Moodle e baseado em IAGen, para fornecer *feedback* automático, personalizado e contextualizado aos estudantes por meio de interação conversacional.
2. Projetar e implementar um painel de gestão de dados que consolide registros de interação, curadoria manual de respostas, indicadores de participação, palavras mais utilizadas, para apoiar o acompanhamento dos alunos e de suas interações bem como auxiliar no suporte à tomada de decisão docente.
3. Implementar e integrar elementos de gamificação vinculados ao uso da ferramenta, com registros que permitam analisar padrões de engajamento.
4. Avaliar, em contexto real de sala de aula, a percepção de estudantes e docente sobre utilidade, facilidade de uso e intenção de continuidade do *chatbot* Maristela, conforme os construtos do modelo Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).

Hipótese

1. O uso do *chatbot* Maristela está associado a uma percepção positiva de utilidade, facilidade de uso e aceitação tecnológica por parte dos usuários, contribuindo para o apoio ao processo de aprendizagem em ambientes virtuais e para o acompanhamento docente, por meio de *feedback* personalizado e de recursos de gestão e análise de interações, conforme os construtos do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).

Assim, o problema central não está apenas na limitação do *feedback* oferecido ao estudante, mas também na ausência de ferramentas que permitam ao docente acompanhar, analisar e interpretar o processo de aprendizagem. Sem um painel de LA e mecanismos de gamificação, o professor tem dificuldade para identificar padrões de dúvidas e níveis de engajamento, o que limita intervenções direcionadas em sala. Portanto, faz-se necessária uma solução que integre *feedback* personalizado, indicadores de participação, gamificação e mecanismos de gestão de dados capazes de apoiar decisões, com base nas interações dos estudantes com a ferramenta.

1.3 Contribuições

O sistema proposto neste trabalho apresenta contribuições relevantes para a área de tecnologias educacionais e abre caminhos para aprimoramentos e futuras pesquisas.

1. **Feedback automático, personalizado e contextualizado:** desenvolvimento de um *chatbot* baseado em IAGen e integrado ao Moodle, voltado ao fornecimento de *feedback* em linguagem natural, ajustado ao contexto da interação, ao tipo de erro identificado e ao histórico de uso do estudante, como alternativa ao retorno predominantemente binário comum em abordagens tradicionais.
2. **Painel de gestão de dados:** implementação de um painel de gestão de dados que apoia o acompanhamento docente ao consolidar registros de interação, indicadores de participação e engajamento, permitindo identificar os temas de dúvida mais recorrentes dos estudantes e subsidiar intervenções baseadas nestes dados.
3. **Curadoria manual e checagem de contexto:** desenvolvimento de um fluxo que combina a revisão das respostas geradas pelo *chatbot* por docentes, tutores e monitores, com uma checagem automática de contexto que compara pergunta e resposta para verificar coerência temática e sinalizar possíveis alucinações.
4. **Gamificação:** integração de elementos de gamificação (*badges* e níveis) para apoiar o acompanhamento da progressão e da recorrência das interações dos estudantes com o *chatbot*, sem pressupor engajamento como efeito direto desses mecanismos.

1.4 Metodologia: *Design Science Research* (DSR)

A metodologia que foi adotada no presente trabalho fundamenta-se no DSR, abordagem amplamente utilizada na área de Sistemas de Informação para a concepção e avaliação de artefatos tecnológicos [42]. O DSR estrutura-se em etapas que orientam desde a identificação do problema até a comunicação dos resultados, assegurando rigor científico e relevância prática [43, 42]. No contexto desta pesquisa, o DSR mostrou-se adequado por permitir o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de um *chatbot* integrado ao *Moodle*.

A seguir, apresentam-se as etapas do DSR adotadas neste trabalho e sua aplicação no desenvolvimento e na avaliação do *chatbot* Maristela, seguindo o encadeamento de atividades proposto na metodologia DSR.

- **Identificação do Problema e Motivação:** foram analisadas as lacunas de suporte oferecido pelo Moodle, especialmente no que se refere à geração de *feedback* automático e às limitações dos recursos existentes para gestão, acompanhamento e análise dos dados de interação educacional.

- **Definição dos Objetivos:** foram definidos objetivos voltados à construção de um artefato que ofereça *feedback* automático e contextualizado e que, simultaneamente, integre um painel de gestão de dados, gamificação e curadoria, permitindo monitorar a coerência das respostas, sinalizar possíveis alucinações e apoiar o docente no acompanhamento dos estudantes;
- **Projeto e Desenvolvimento:** foram especificadas a arquitetura e as funcionalidades do Maristela e, em seguida, implementados o *chatbot* para interação e geração de *feedback*, os mecanismos de gamificação e o painel de gestão de dados;
- **Demonstração:** o artefato foi utilizado em uma disciplina real no Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente, durante dois meses, com a participação de 23 estudantes e 1 docente, permitindo observar o uso em atividades da turma e registrar as interações e a utilização dos recursos do painel de gestão de dados;
- **Avaliação:** o artefato foi avaliado a partir de evidências de uso e percepção, combinando registros do histórico de interações, indicadores de participação e engajamento e instrumentos de percepção baseados no modelo TAM;
- **Comunicação:** os resultados, contribuições e limitações do Maristela são sistematizados e discutidos ao longo desta dissertação.

Assim, o DSR orienta toda a metodologia deste estudo, articulando rigor científico e relevância prática no desenvolvimento e avaliação do *chatbot* Maristela como solução inovadora de apoio ao ensino e aprendizagem na formação em Computação.

1.5 Estrutura do Documento

Visando contemplar os objetivos propostos, a estrutura do presente trabalho está dividida em mais cinco capítulos, descritos a seguir:

- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** Aborda os conceitos essenciais que fundamentam o trabalho, como: *feedback*, formação inicial em Computação, gamificação, gestão de dados na educação, IAGen, o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle e *chatbots*.
- **Capítulo 3 - Trabalhos Relacionados:** Apresenta o estado da arte sobre pesquisas e sistemas correlatos ao escopo do *chatbot* Maristela, com ênfase em *chatbots* e IAGen no ensino de computação, integração ao Moodle, LA, gamificação e estratégias de curadoria e gestão de dados.

- **Capítulo 4 - Metodologia e Aplicação da Proposta:** Descreve a metodologia DSR, detalha a arquitetura e a implementação do *chatbot* Maristela e apresenta o procedimento de validação.
- **Capítulo 5 - Resultados e Análise:** Apresenta os dados coletados durante a intervenção pedagógica, realizando a análise das métricas do sistema e dos formulários de percepção respondidos por discentes e pela docente.
- **Capítulo 6 - Conclusão:** Sintetiza os principais resultados e discute as contribuições do *chatbot* Maristela, apresentando também as limitações do estudo e as direções para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

O presente capítulo apresenta o referencial teórico que fundamenta o desenvolvimento da MARISTELA, um *chatbot* com IAGen integrado ao Moodle, voltado ao ensino de computação em cursos técnicos e de graduação. Discute limitações do *feedback* automático nesse contexto e justifica o uso de IAGen como recurso tecnológico de apoio ao ensino, com geração de *feedback* em linguagem natural. Também aborda a integração da solução a mecanismos de gestão de dados, curadoria de respostas, elementos de gamificação e análise da aprendizagem, voltados ao acompanhamento do uso e ao suporte à tomada de decisão docente.

A fundamentação está organizada em quatro seções. A Seção 2.1 apresenta o conceito de *feedback*, suas origens, evolução e principais tipos, e discute o movimento de evolução de sistemas estáticos e condicionais para abordagens adaptativas apoiadas por IAGen. A Seção 2.3 descreve a arquitetura modular do Moodle e sua relevância para a integração da ferramenta. A Seção 2.4 apresenta conceitos técnicos de IAGen e o papel de *chatbots* educacionais. Por fim, as Seções 2.4 e 2.5 tratam, respectivamente, dos mecanismos de gestão de dados e da gamificação como estratégias de engajamento e acompanhamento das interações com o *chatbot* Maristela.

2.1 *Feedback*: Definição, Origem, Evolução e Tipos

No contexto educacional, o *feedback* está associado às informações que o estudante recebe sobre suas produções, sejam atividades, trabalhos, apresentações e provas, permitindo reconhecer acertos, identificar equívocos e orientar os próximos passos de aprendizagem [44]. Com o avanço das tecnologias digitais e dos AVAs, o *feedback* deixou de ser apenas um retorno avaliativo pontual e passou a ser utilizado também como recurso de acompanhamento contínuo da aprendizagem [45]. Nesse cenário, emerge o *feedback* computacional,

mediado por sistemas capazes de processar respostas em maior escala e fornecer retornos em tempo reduzido [13, 46].

A literatura classifica o *feedback* educacional em diferentes dimensões. Entre as mais citadas estão [1]: motivacional, positivo, corretivo, formativo, sumativo e ipsativo. O *feedback* motivacional busca promover o engajamento; o positivo reforça comportamentos adequados; o corretivo fornece orientações sobre erros; o formativo visa o aprimoramento progressivo das competências; o somativo sintetiza o desempenho para fins avaliativos; e o ipsativo permite a comparação entre desempenhos anteriores e atuais do mesmo estudante.

Os tipos *formativo* e *corretivo* assumem papel central na formação em Computação, uma vez que favorecem a compreensão das estruturas lógicas e o desenvolvimento do raciocínio [1]. Estudos recentes apontam que a eficácia do *feedback* depende de sua especificidade e contextualização [32, 36]. O *feedback* específico, ajustado às necessidades individuais do aprendiz, facilita a internalização de conceitos abstratos, ampliando a retenção e a autonomia intelectual [47]. De modo semelhante, diferentes autores apontam que o escalonamento do *feedback* em níveis progressivos, do básico ao avançado, estimula o pensamento crítico e a autorregulação do estudante, consolidando um ciclo contínuo de aprendizagem ativa [32, 48, 49].

No contexto do ensino de Computação, em especial nas disciplinas introdutórias, o *feedback* automático é, muitas vezes, implementado por meio de *chatbots*, que desempenham papel relevante no apoio às atividades de estudo e prática, embora ainda haja limitações quanto à profundidade e à efetividade do *feedback* fornecido em muitas dessas abordagens [13, 50], atuando como a principal interface¹ entre o estudante e o *feedback*. Contudo, essa aplicação tem revelado limitações significativas, particularmente em relação à personalização do suporte e à profundidade do *feedback* [13, 51]. Porém, no *feedback* convencional, baseado em regras condicionais pré-definidas, a resposta tende a assumir uma forma binária de acerto ou erro, deixando de oferecer orientações que favoreçam o desenvolvimento cognitivo do estudante [52].

2.2 Limitações dos Modelos Condicionais e a Emergência das Abordagens com IA

A predominância de sistemas baseados em regras (*rule-based*) reflete um paradigma de automação estática. Nesses modelos, o *feedback* é gerado a partir de testes lógicos (*if-else*) ou comparações de resultados esperados, restringindo a capacidade de diagnóstico pedagógico [13]. Três limitações principais são recorrentes na literatura [53, 54, 1]:

¹Limite compartilhado, ponto de conexão ou meio que permite a interação e a troca de informações entre dois ou mais sistemas.

- **Diagnóstico insuficiente:** o sistema identifica apenas a falha sintática ou semântica imediata, sem compreender o raciocínio que levou ao erro;
- **Foco exclusivo na correitude:** a avaliação se limita ao resultado funcional do código, desconsiderando critérios como clareza, legibilidade e estruturação lógica;
- **Rigidez estrutural:** as mensagens de *feedback* são estáticas, não evoluindo conforme o perfil, o histórico ou o contexto do estudante.

Essa configuração resulta em um tipo de *feedback* pouco contextualizado, que não se ajusta à diversidade de perfis presentes nas turmas. Nas disciplinas introdutórias dos anos iniciais da graduação e de cursos técnicos em Computação, esse cenário tende a reforçar práticas fragmentadas, centradas na correção pontual de respostas e resultados, em detrimento do desenvolvimento do raciocínio e da compreensão conceitual dos problemas abordados [55, 56].

A emergência de abordagens baseadas em IAGen tem remodelado esse cenário. No contexto do Moodle, a incorporação de abordagens baseadas em IAGen tem transformado a forma como o *feedback* é gerado e entregue. *Large Language Models* (LLM's), processam linguagem natural e código em tempo real, permitem respostas adaptativas e contextualizadas. Em vez de mensagens fixas e genéricas, o sistema pode considerar padrões de resposta e interação do estudante para sugerir caminhos alternativos de solução, identificar erros recorrentes e ajustar o nível de explicação com base em informações observáveis ao longo do uso [57]. Essa evolução representa a transição do *feedback* estático para um modelo interativo e sensível ao contexto, integrado a ambientes virtuais de aprendizagem, como é o caso do Moodle.

Tais avanços representam uma ruptura importante no campo da avaliação automatizada. O *feedback* deixa de ser somente um mecanismo de verificação e passa a constituir um instrumento de mediação cognitiva e formativa [32, 41]. Nesse contexto, o *chatbot* Maristela apresenta-se como uma resposta direta a essas limitações ao combinar a automação com a adaptabilidade da IAGen.

2.3 O Moodle e a Integração de Tecnologias

O Moodle é um AVA desenvolvido por Martin Dougiamas em 1999 [58]. Baseado em princípios de colaboração e construção do conhecimento, a plataforma promove a interação entre estudantes e professores. Pode ser utilizado no ensino a distância, semipresencial ou como suporte no ensino presencial. Seu lema central é a responsabilidade do aluno pela própria aprendizagem, incentivando a autonomia na busca de materiais e na troca de informações, uma característica essencial no contexto educacional digital contemporâneo.

Se trata de uma plataforma de código aberto e uso livre, sendo amplamente adotada globalmente em diversos ambientes, como universidades, colégios técnicos e por professores independentes que desejam criar cursos, incluindo os populares *Massive Open Online Courses* (MOOCs) [59].

Nos últimos anos, o Moodle tem sido reposicionado não apenas como ambiente de hospedagem de conteúdos, mas como infraestrutura de inovação. A adoção de *Learning Analytics*, *dashboards* e integração com ferramentas de IA contribui para a formação de ecossistemas de ensino orientados por dados (*data-driven education*). Esses sistemas permitem a personalização das trilhas de aprendizagem e a identificação de padrões de comportamento estudantil que indicam risco de evasão, desmotivação ou dificuldades cognitivas [60]. A flexibilidade técnica e pedagógica do Moodle fazendo deste um ambiente ideal para a experimentação controlada de modelos de IAGen e suas implicações na prática docente. Ao integrar *feedback* personalizado, mecanismos de gamificação e painéis de gestão de dados, o Moodle transforma-se de um ambiente de ensino tradicional em um sistema de aprendizagem inteligente, responsivo e ético.

2.4 IAGen na Educação

2.4.1 Modelos de IAGen

A escolha dos modelos de IAGen que servem de base ao *chatbot* Maristela foi orientada por quatro critérios: (i) relevância tecnológica e desempenho, (ii) viabilidade institucional; (iii) capacidade de gerar *feedback* objetivo e contextualizadas) e preço (custo da geração de *tokens*)

A seguir, é apresentado um panorama dos principais modelos de IAGen analisados, selecionados pelo potencial de uso via *Application Programming Interface* (API) em projetos de integração com o Moodle e criação de *chatbots*.

Tabela 2.1: Características dos modelos de IAGen relevantes ao *chatbot* Maristela

Modelo	API	Local	Painel Adm.	Modo Assist.	Usa PDF
GPT-4	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Claude 3.5	Sim	Não	Não	Não	Não
Grok-4	Sim	Não	Não	Não	Não
Gemini 2.x	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
LLaMA-3.1	Não	Sim	Não	Não	Não
DeepSeek	Sim	Sim	Não	Não	Não

Elaborado pelo autor com base em [61].

A Tabela 2.1 sintetiza, comparativamente, o conjunto de modelos de IAGen considerados para o *chatbot* Maristela, tomando como critérios principais a disponibilidade de API, a possibilidade de uso local, existência de painéis administrativos, a oferta de modo assistente configurável e o uso de documentos em PDF como fonte de informação. Os modelos como GPT e Gemini se destacam pela maturidade da API, pelo suporte nativo ao modo assistente e pela possibilidade de uso de PDF como fonte de informação no modo assistente, o que os torna particularmente atrativos para prototipagem rápida e experimentação pedagógica em escala. Em contraste, alternativas como LLaMA-3.1 e DeepSeek, embora demandem maior esforço de configuração, oferecem a vantagem da execução local, alinhando-se a cenários que exigem maior controle sobre dados institucionais e custos operacionais.

2.4.2 IA na Educação

A incorporação da IA na educação tem evoluído de maneira acelerada, influenciada tanto por avanços tecnológicos, quanto por mudanças metodológicas no ensino [62, 63, 64]. As primeiras aplicações surgiram com os Sistemas Tutores Inteligentes (ITS), capazes de analisar respostas e recomendar instruções personalizadas, ainda que baseados em regras rígidas e conhecimento explicitamente modelado [65]. Com a evolução do *Machine Learning* (ML) e do LA, emergiram abordagens voltadas à previsão de desempenho, detecção de evasão e recomendações adaptativas, consolidando o campo das LA como um suporte decisório para gestores e docentes [66, 67].

Entretanto, essa integração não é neutra. Pesquisas revelam efeitos ambivalentes: por um lado, estudantes relatam maior confiança, autonomia e engajamento; por outro, identificam riscos como dependência, superficialização das respostas e redução do esforço reflexivo [49, 68]. Na Engenharia e Computação, a IA tende a ser vista como extensão cognitiva e ferramenta de apoio à resolução de problemas, mas resultados mostram que o uso indiscriminado pode comprometer a retenção conceitual se não houver mediação pedagógica [69, 68].

Nesse cenário, os *chatbots* educacionais emergem como forma concreta de IA aplicada. Eles atuam como mediadores entre estudantes e ecossistemas digitais de aprendizagem, fornecendo respostas dialogadas, instruções, pistas explicativas e apoio socioemocional [31, 70, 71, 72, 73]. Contudo, os impactos positivos dependem de qualidade do *feedback*, transparência, regulação docente e alinhamento pedagógico [45, 57]. Quando mal empregados, *chatbots* podem induzir respostas acríticas, reforçar erros ou substituir interação humana necessária [74]. Assim, a IAGen não elimina o papel do professor, ela redesenha sua função, deslocando-o da transmissão de conteúdo para curadoria, mediação e validação das interações automatizadas [75, 76].

Assim, a IA na educação passa de ferramenta acessória para infraestrutura de aprendizagem, reconfigurando processos avaliativos, autoria, tutoria e engajamento acadêmico. Seu impacto não é apenas tecnológico, mas epistemológico: redefine quem ensina, como se aprende e quais competências são necessárias para aprendizagem crítica e ética no século XXI.

2.4.3 *Chatbots* e Educação

Os *chatbots* são uma classe de sistemas conversacionais baseados em processamento de linguagem natural, concebidos para permitir interação entre pessoas e computadores por meio de diálogo simulado [8, 77]. Em termos gerais, operam como agentes capazes de receber mensagens, interpretá-las e gerar respostas que buscam reproduzir características da comunicação humana.

Quando inseridos no contexto educacional, essas capacidades são direcionadas ao suporte à aprendizagem [78]. Nesse sentido, os *chatbots* assumem funções mediadoras, atuando como interface entre o estudante e os recursos disponíveis em AVAs, oferecendo esclarecimentos sobre conteúdos, orientações procedimentais e sugestões de estudo. Em implementações mais avançadas, também fornecem *feedback* formativo, ajustado ao desempenho do estudante e ao progresso de suas atividades, contribuindo para acompanhamento contínuo e apoio personalizado [79].

Modelos mais antigos de *chatbots*, baseados em regras, dependiam de correspondência de palavras-chave e respostas predefinidas, o que acabava por restringir sua capacidade de conversação e de adaptação a contextos não previstos que fugissem de suas regras. [8]. Nesses modelos, a compreensão da mensagem do estudante dependia de padrões pré-programados, o que resultava em respostas adequadas apenas quando o enunciado se aproximava do que havia sido previsto.

Com a chegada de LLM's, os *chatbots educacionais* passaram a oferecer interações muito mais próximas do contexto do estudante, interpretando perguntas livres, gerando explicações passo a passo, esclarecendo dúvidas ambíguas e adaptando-se ao perfil de cada estudante [78, 80]. Em vez de respostas curtas e prescritivas, esses sistemas passam então a sustentar diálogos mais complexos, nos quais o estudante pode explorar diferentes caminhos para uma solução, comparar abordagens e esclarecer dúvidas iterativamente, configurando um modelo de tutoria que auxilia o desenvolvimento do raciocínio e da tomada de decisão com apoio da IA [81].

A literatura recente mostra que esses agentes conversacionais assumem papéis diversos em ecossistemas educacionais [82, 83, 71]. Há, por exemplo, agentes com foco administrativo, voltados a tirar dúvidas sobre calendário, prazos, regras acadêmicas e uso das plataformas institucionais, no Brasil, podem ser citados o Darcy da UnB [27] e a MARA,

primeira IA de instituições de ensino públicas lançada pela UFMA; internacionalmente podemos citar o Pounce, da Georgia State University, é frequentemente citado como exemplo desse tipo de uso, ao apoiar estudantes ingressantes com lembretes, orientações de matrícula e mensagens de incentivo associadas à permanência e ao desempenho [84, 85].

Também se destacam experiências que combinam agentes conversacionais e gamificação, utilizando elementos como pontos, níveis, distintivos e desafios para sustentar o engajamento dos estudantes ao longo do tempo [86]. Em paralelo, aumentam as integrações com ambientes virtuais de aprendizagem, como o Moodle, nas quais o agente é incorporado à própria plataforma de ensino, acessando conteúdos, fóruns, tarefas e questionários para oferecer apoio contextualizado às disciplinas [87, 70, 88].

Tendo em vista estes cenários, percebe-se que os *chatbots educacionais* vêm se consolidando como interfaces capazes de articular atendimento imediato, *feedback* automático, personalizado e acompanhamento contínuo. Esses agentes podem contribuir para atenuar a sobrecarga docente em disciplinas extensas e salas de aula com muitos discentes, ampliando o acesso a explicações personalizadas, oferecendo um canal de apoio para estudantes que enfrentam dificuldades, especialmente nas disciplinas iniciais de computação.

2.5 Gamificação

A gamificação tem sido amplamente discutida como uma estratégia capaz de promover motivação, engajamento e persistência em ambientes educacionais, especialmente quando aplicada em tarefas que exigem esforço continuado [89]. Elementos como recompensas simbólicas, progressão e *feedback* imediato são associados na literatura ao aumento da autonomia e ao fortalecimento do vínculo dos estudantes com as atividades propostas, sobretudo em ecossistemas mediados por tecnologias digitais [89, 90]. Com a incorporação de sistemas inteligentes, a gamificação passa também a desempenhar um papel complementar à IA, oferecendo ao estudante uma experiência personalizada e envolvente.

2.6 Antropomorfismo e a IA Conversacional

O antropomorfismo em sistemas de IA conversacional refere-se à tendência de atribuir características humanas, como emoções, intenções, traços de personalidade e padrões de comunicação, a agentes computacionais que não possuem tais atributos de maneira real. Esse fenômeno tem recebido atenção crescente na literatura devido ao seu impacto direto na confiança, no engajamento e na aceitação tecnológica por parte dos usuários [91, 92].

No âmbito educacional, agentes conversacionais com características humanas podem facilitar a aproximação entre estudantes e tecnologia [93, 94]. Pesquisas indicam que *chat-*

bots com linguagem acolhedora, expressões socialmente adequadas e estilo comunicativo semelhante ao humano tendem a ser percebidos como mais acessíveis e úteis, aumentando a disposição dos estudantes para interagir e solicitar apoio [92, 95]. Embora tais respostas pareçam empáticas, elas são geradas por LLM's e não pode ser consideradas manifestações emocionais genuínas, exigindo cuidado ético junto a análise e o uso destas interações.

Outro aspecto recorrente na literatura envolve os riscos associados a níveis excessivos de humanização. Quando um agente se aproxima demais da aparência ou do comportamento humano, podem surgir sensações de estranhamento e desconforto que caracterizam o chamado *uncanny valley* [95, 96]. Um caso amplamente discutido ocorreu durante a apresentação do Google Duplex em 2018, quando o sistema de voz do Google demonstrou uma fala tão natural e convincente que muitos usuários relataram desconforto ao descobrir que a chamada era inteiramente automatizada. Esse episódio levantou questionamentos sobre transparência, autenticidade e limites éticos em agentes conversacionais altamente humanizados [97]. Em contextos educacionais, efeitos desse tipo podem comprometer a confiança do estudante no sistema e prejudicar a continuidade da interação, o que reforça a necessidade de calibrar cuidadosamente o grau de humanização empregado em ferramentas pedagógicas.

A antropomorfização também ocorre na simulação de empatia, acolhimento e personalização. Conforme discutido em [91], essas respostas podem levar o usuário a atribuir ao sistema capacidades cognitivas e emocionais que ele não possui. Embora o risco de superatribuição exista, quando a humanização é moderada e pedagogicamente orientada, ela pode promover maior engajamento, reduzir ansiedade e favorecer a permanência do estudante durante seu processo de aprendizagem [98, 29].

Deste modo, a humanização da linguagem pode tornar a interação mais intuitiva e motivadora, mas não deve induzir interpretações equivocadas sobre as capacidades reais da IA. Assim, adota-se neste trabalho uma humanização funcional e equilibrada, focada no acolhimento, na clareza comunicativa e no apoio pedagógico, mantendo sempre evidente que a mediação humana continua sendo essencial no processo de aprendizagem [99].

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta o panorama de pesquisas que investigam *chatbots* e sistemas automáticos de *feedback* aplicados ao ensino de computação, com ênfase nas disciplinas introdutórias que abordam lógica inicial, pensamento computacional e a primeira linguagem de programação. A literatura evidencia que esses agentes conversacionais têm ampliado o acesso a suporte acadêmico imediato e contribuído para a personalização da aprendizagem, sobretudo em cenários de alta demanda docente. Entretanto, estudos também apontam limitações persistentes, como respostas imprecisas, fragilidade contextual, alucinação de conteúdo e desafios de integração.

A rápida evolução dos modelos de IAGen durante a execução deste trabalho impôs revisões contínuas na análise do estado da arte, exigindo a incorporação de resultados recentes sobre *feedback* automático, *chatbots*, modelos de IA, agentes humanizados e a integração com plataformas educacionais como o Moodle. Assim, a revisão consolida contribuições acadêmicas, discutindo suas arquiteturas, metodologias, benefícios e fragilidades, ao passo que delinea lacunas que motivam o desenvolvimento e a avaliação do *chatbot* Maristela.

3.1 Literatura sobre *Feedback* Automático no Ensino de Computação

Segundo Conceição em [1] pode-se definir *feedback* automático aplicado ao ensino de computação como o processo pelo qual um sistema computacional analisa artefatos produzidos pelo aluno (código-fonte, respostas textuais, exercícios, *etc.*) e devolve, sem intervenção humana, informações diagnósticas, corretivas, explicativas ou orientadoras com o objetivo de apoiar a aprendizagem, a correção de erros e o desenvolvimento de competências cognitivas.

Em se tratando de *feedback* automático, foi feita uma revisão na literatura envolvendo 119 artigos científicos sobre o uso de *feedback* em disciplinas de programação em cursos de graduação, publicados entre 2017 e 2021. A revisão consultou as bases *Scopus* e *Web of Science*, escolhidas por indexarem os principais veículos da área de Educação em Computação, incluindo conferências como IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) e *ACM SIGCSE*, além de periódicos relevantes em computação e engenharia. A construção da *string* de busca ocorreu através de testes de busca nas bases escolhidas e a partir de termos extraídos da literatura e de testes exploratórios nas bases, com apoio da ferramenta VOSviewer para análise das palavras-chave, bem como a identificação de sinônimos e variações das mesmas. Esse processo resultou na seguinte *string* final:

```
("feedback"OR "response"OR "answer") AND ("programming"OR
"programming languages"OR "code"OR "coding"OR "CS1"OR "ICS") AND
("students"OR "undergraduate"OR "novice"OR "freshman") AND
("teaching"OR "learning"OR "e-learning")
```

Entre seus resultados, foi possível notar que existem publicações de vários lugares do mundo tratando desse tema, conforme mostra a Figura 3.1. A lista de países e seus respectivos números de artigos estudados é composta por: Estados Unidos(34), Alemanha(7), Taiwan(6), Austrália(5), Reino Unido(4), Países Baixos(4), Espanha(4), Suécia(4), Bélgica(3), Brasil(3), México(3), Portugal(3), Singapura(3), Argentina(2), Canadá(2), China(2), Estônia(2), Itália(2), Japão(2), Malásia(2), Nova Zelândia(2). Essa ampla distribuição geográfica das publicações, envolvendo diferentes países e comunidades acadêmicas, evidencia que o tema desperta interesse global e vem sendo discutido consistentemente em diversos contextos educacionais.

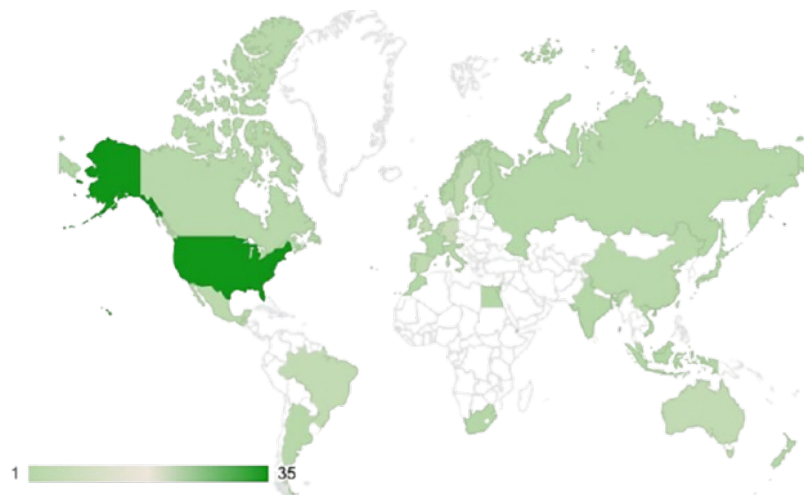


Figura 3.1: Distribuição de artigos por país [1].

Esse estudo evidenciou que o tema é discutido em diferentes contextos institucionais e geográficos. A partir desse panorama, o presente trabalho retoma e atualiza parte desse mapeamento, utilizando a mesma base metodológica para caracterizar o estado da arte e, em seguida, discutir as lacunas específicas que justificam o desenvolvimento do *chatbot* Maristela.

Outra constatação obtida é que o número de publicações cresceu ao longo dos anos analisados. A Figura 3.2 apresenta a distribuição anual dos estudos sobre *feedback* automático no ensino de computação, evidenciando um aumento gradual de interesse por essa temática. Embora oscilações pontuais possam ser observadas, o comportamento geral da curva indica que a discussão sobre mecanismos computacionais de apoio ao ensino tem ganhado relevância contínua no campo da Educação em Computação.

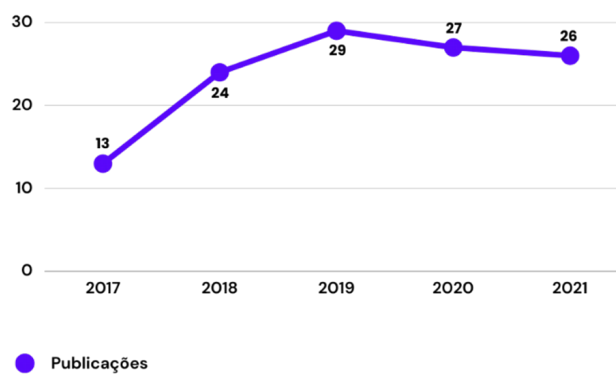


Figura 3.2: Número de artigos publicados entre 2017 – 2021.

No que se refere aos tipos de *feedback* identificados, a revisão sistematiza uma tipologia que inclui, entre outros, os seguintes: motivacional, positivo, corretivo, formativo, sumativo e ipsativo. O *feedback* motivacional está orientado ao engajamento e busca incentivar o estudante a persistir diante de dificuldades; o positivo diz respeito ao reconhecimento de desempenhos e conquistas; o corretivo fornece indicações específicas sobre comportamentos, respostas ou trechos de código que precisam ser ajustados; o formativo visa modificar o modo de pensar e agir do estudante para facilitar a aprendizagem; o sumativo está associado à atribuição de notas e julgamentos finais; e o ipsativo compara o desempenho atual com um padrão previamente estabelecido pelo próprio estudante. A análise quantitativa mostra que os tipos formativo e corretivo são os mais frequentes, com 30 e 25 ocorrências, respectivamente, enquanto os tipos motivacional e sumativo aparecem de forma bem menos expressiva.

Os demais aspectos relacionados às ferramentas, abordagens metodológicas e estratégias aplicadas ao uso de *feedback* automatizado no ensino de computação são discutidos

nas subseções seguintes. As análises apresentadas foram construídas a partir dos estudos identificados no mapeamento sistemático, complementadas por contribuições mais recentes da literatura, de modo a refletir a evolução conceitual, técnica e pedagógica do tema.

3.2 IAGen em perspectiva: Transição e Revisão Complementar

A atualização da revisão anterior fez-se necessária porque, à época em que foi conduzida, modelos de IAGen, como o GPT, ainda não estavam disponíveis de forma estável nem configuravam uma opção concreta para o desenvolvimento da ferramenta proposta. Na revisão original, foram analisadas as vantagens e limitações do uso de *feedback* automático no ensino de computação nos primeiros anos da graduação, com foco em soluções baseadas em regras, avaliadores automáticos e sistemas de apoio parametrizados.

Naquele momento, entretanto, o ecossistema tecnológico ainda não incorporava, de maneira madura, modelos de IAGen, o que impedia considerar abordagens capazes de produzir explicações mais contextualizadas, diálogo em linguagem natural e suporte altamente personalizado em tempo real.

No que se refere à revisão complementar, foi conduzido um novo mapeamento sistemático da literatura focado na integração de *chatbots* e *feedback* automático gerado por modelos de IAGen no ensino de computação, no período de 2022 a 2024. A partir de buscas nas bases *Scopus* e *Web of Science*, aplicando critérios explícitos de inclusão e exclusão, foram inicialmente recuperados 3.479 registros. Após a remoção de duplicatas e a aplicação sucessiva dos filtros definidos, chegou-se a um conjunto final de 185 artigos considerados relevantes para análise, os quais embasam a atualização do estado da arte.

A construção da *string* de busca seguiu metodologia rigorosa, com testes exploratórios e apoio da ferramenta VOSviewer para mapeamento de palavras-chave, resultando na seguinte *string* final:

```
("generative AI"OR "ChatGPT"OR "GPT"OR "large language model"OR  
"LLM"OR "AI chatbot") AND ("programming"OR "coding"OR "CS1"OR  
"introductory programming") AND ("feedback"OR "automatic feedback"OR  
"personalized feedback") AND ("Moodle"OR "LMS"OR "learning  
management system"OR "virtual learning environment")
```

Do ponto de vista tecnológico, os resultados indicam uma clara predominância de modelos da OpenAI, como o ChatGPT (versões 3.5 e 4) aparecendo como motor principal em mais de dois terços dos estudos analisados, seguido por modelos como Claude 3, Gemini e variantes baseadas em LLaMA. A Tabela 3.1 sintetiza os modelos de IAGen

mais recorrentes na amostra e o número de trabalhos em que são empregados como núcleo das soluções de *feedback* automático ou de agentes conversacionais.

Tabela 3.1: Modelos de IAGen mais utilizados nos estudos analisados

Modelo	Nº de artigos
ChatGPT (GPT-3.5/4)	127
Claude 3 / 3.5	22
Gemini	18
LLaMA 2 / 3	11
Outros	9

Elaborado pelo autor.

3.2.1 Efeitos da IAGen na Motivação e Engajamento dos Estudantes em Programação

A introdução de ferramentas de IAGen no ensino de computação tem demonstrado impactos multifacetados na experiência do aluno:

- **Aumento da Motivação e Autoeficácia:** O uso de ferramentas baseadas em IA tem o potencial de aumentar a **motivação** do aluno, as habilidades de **Pensamento Computacional** e a **autoeficácia** em programação [68, 100, 101]. O uso de *chatbots* de IA pode otimizar o tempo de estudo, permitindo aos alunos abordar questões específicas de forma mais eficiente, o que, segundo a teoria da motivação, aumenta o valor de utilidade da tarefa e, conseqüentemente, o engajamento [62].
- **Risco de Dependência:** Um desafio significativo é a dependência excessiva do aluno em relação ao código gerado pela IA [102, 103]. Esta dependência pode prejudicar o desenvolvimento de habilidades de Pensamento Computacional e impedir a compreensão de conceitos fundamentais [102, 104, 105].

3.3 Alucinações em IAGen: riscos, indicadores e estratégias de mitigação

Os riscos centrais associados à IAGen incluem a invenção de fatos, a produção de respostas semanticamente plausíveis, porém incorretas, a prescrição de práticas inadequadas e a extrapolação para conteúdos não validados [106]. Em contextos educacionais, tais desvios impactam diretamente a aprendizagem, a confiança do usuário e a credibilidade institucional, exigindo que mecanismos de gestão de dados e monitoramento sejam parte estruturante de qualquer solução baseada em modelos de linguagem.

A literatura organiza esses riscos em categorias recorrentes: *(i)* alucinação factual, quando a saída contradiz evidências verificáveis e fontes confiáveis; *(ii)* alucinação semântica, quando a resposta é gramaticalmente correta, mas conceitualmente inadequada para o domínio; e *(iii)* alucinação pragmática, quando a recomendação viola políticas, normas de segurança ou boas práticas profissionais [106, 107]. Estudos com avaliações adversariais mostram que modelos tendem a replicar falsidades humanas e vieses com frequência não desprezível [108], reforçando a necessidade de supervisão humana contínua e de mecanismos explícitos de verificação.

No *chatbot* Maristela, a mitigação desses riscos combina três camadas complementares. A primeira camada é a contextualização via *prompting* e restrição de contexto: o modelo é instruído por *prompts* que incluem objetivos pedagógicos, limitações explícitas (por exemplo, não inventar referências) e dados do curso provenientes de fontes previamente validadas, como materiais docentes, exercícios e guias institucionais. Essa estratégia reduz o espaço de respostas possíveis e ancora a geração em acervos confiáveis [107]. Embora uma abordagem baseada em Retrieval-Augmented Generation (RAG) pudesse ampliar a recuperação de trechos relevantes a partir de grandes acervos, neste trabalho optou-se por contextualização e restrição de contexto devido ao escopo, à necessidade de gestão do conteúdo e ao uso de fontes previamente validadas. A adoção de RAG é considerada como evolução futura, potencialmente em arquitetura híbrida com curadoria.

A segunda camada é a triagem automática por consistência amostral, na qual são aplicadas técnicas inspiradas em *self-checking* e verificação cruzada de saídas. Respostas consideradas potencialmente suspeitas, por divergirem de padrões esperados ou por apresentarem baixa consistência interna, são sinalizadas para revisão adicional [109, 110]. Essa triagem não elimina a possibilidade de erro, mas ajuda a priorizar casos críticos e a reduzir a probabilidade de que alucinações graves passem despercebidas.

A terceira camada é a verificação baseada em evidência com amostragem docente. Nesse caso, *subsets* de interações são periodicamente revisados por docentes, que avaliam a correção conceitual, a clareza explicativa e a adequação pedagógica das respostas. As avaliações seguem rubricas holísticas e transparentes, alimentando ajustes em políticas, *prompts* e fontes de conhecimento, de modo a sustentar um ciclo de melhoria contínua [111]. Mesmo com regras explícitas e triagens automáticas, a validação humana permanece indispensável para resolver ambiguidades pedagógicas, conflitos de fontes e juízos de utilidade em contexto. O estado da arte reconhece ganhos significativos em alinhamento via *constitutional rules* e *IA feedback*, mas também delimita seus alcances sociotécnicos, justificando auditorias periódicas e responsabilização humana [112].

A integração entre gestão e análise de dados é operacionalizada por meio de *dashboards* e técnicas de LA, que convertem o histórico de interações entre estudantes e o *chatbot*

em indicadores pedagógicos e de confiabilidade. No nível docente, os painéis apresentam métricas de uso, frequência de interações, conceitos com maior índice de erro, padrões recorrentes de dúvidas e estimativas de acurácia das respostas, permitindo intervenções didáticas mais direcionadas. A nível discente, indicadores personalizados de desempenho, evolução ao longo do tempo e histórico de *feedbacks* favorecem a autorregulação e o acompanhamento consciente da própria aprendizagem. Já no nível administrativo, relatórios consolidados sobre engajamento, carga de uso e confiabilidade média da IA permitem avaliar o impacto institucional da adoção de agentes generativos [113].

As métricas exibidas nesses *dashboards* são extraídas de bancos de dados relacionais integrados ao Moodle, processadas por *scripts* analíticos e visualizadas em gráficos interativos. Essa infraestrutura transforma *feedbacks* individuais em conhecimento coletivo, promovendo uma cultura de melhoria contínua orientada por dados. A combinação entre LA e gestão de dados constitui, assim, o núcleo de uma inteligência educacional responsável, na qual a inovação tecnológica é articulada a princípios éticos e pedagógicos.

3.4 Análise Comparativa com outras Soluções

A Tabela 3.2 evidencia que, embora existam diversas iniciativas baseadas em inteligência artificial generativa (IAGen) na educação, a maioria das soluções analisadas mantém foco predominantemente tutorial, centrado na interação conversacional e na personalização de explicações. Em contraste, o *chatbot* Maristela diferencia-se ao incorporar gestão de dados para acompanhamento docente, curadoria de respostas com checagem automática de contexto e mecanismos de validação por meio de *likes* e *dislikes*. Além disso, permite a configuração de uma fonte de referência institucional (*source of truth*) e integra essas funcionalidades ao Moodle, reposicionando a ferramenta como infraestrutura de mediação humana, acompanhamento formativo e intervenção orientada por dados.

Assim, a comparação mostra que enquanto soluções como Khanmigo, PyTutor e GP-Tutor otimizam a geração de explicações e apoio cognitivo, o *chatbot* Maristela avança em direção a uma concepção sistêmica que inclui monitoramento institucional, identidade humanizada, gamificação e responsabilidade docente. Essa distinção reforça o argumento de que a inovação mais relevante não está apenas no uso de modelos de IAGen, mas na forma como estes são integrados em ecossistemas educacionais reais, tornando o *chatbot* Maristela uma solução que transcende o modelo tradicional de tutor virtual e sendo um agente educacional passível de acompanhamento, integrado de forma consistente aos fluxos institucionais de ensino e gestão.

Tabela 3.2: Análise comparativa de *chatbots* educacionais semelhantes

Sistema	Tecnologia Central	Função Principal	Similaridades
Chatbot Maristela	IAGen (GPT-3.5) integrada ao Moodle via API OpenAI	Tutor Virtual Inteligente; geração de <i>feedback</i> automático, adaptativo e personalizado	Design humanizado (antropomorfização); painel administrativo; curadoria humana (<i>likes/dislikes</i>); LA; gamificação por <i>badges</i> e níveis
Khanmigo [114]	GPT-4	Tutor de IA com suporte personalizado para estudantes e educadores	Uso de LLM; aprendizagem personalizada; respostas em linguagem natural
PyTutor [115]	ChatGPT ()	Sistema para apoio ao aprendizado de programação em Python	Geração de dicas estruturadas e contextualmente relevantes; foco em programação
CodeAid [116]	GenAI () com escopo curricular específico	Fornecimento de respostas sobre projetos e conteúdos da disciplina	Personalização contextual; semelhança com o objetivo do Maristela em adaptar <i>feedback</i> ao contexto
Kiran [117]	LLM (ChatGPT) / agente ensinável	Tutoria em Computação.	Uso de personificação para maior engajamento estudantil; identidade humanizada semelhante ao Maristela
GPTutor [118]	LLMs de grande porte (por exemplo, GPT)	Tutor personalizado focado na geração de conteúdos de aprendizagem personalizados	Foco em explicações claras; suporte individualizado; geração de materiais personalizados de estudo com base no perfil e nas necessidades do estudante

3.5 Lacunas na Integração de IAGen ao Moodle

Para se fazer uma lista de trabalhos relacionados, foi analisada primeiramente a lista de artigos observados na revisão de literatura [1]. Foi possível perceber que a maioria das pesquisas foca na capacidade dos modelos de gerar *feedback* e código ou explicar conceitos, mas poucas abordam a integração completa com Ambientes AVAs que incluam funcionalidades de gestão de dados para auxiliar o corpo docente. Outro aspecto pouco

encontrado é a humanização. Porém, existem alguns trabalhos que se aproximam da proposta do *chatbot* Maristela ao tratar de *feedback* formativo, suporte ao instrutor e assistentes inteligentes com IAGen. As publicações analisadas nesta seção foram extraídas dessa revisão de literatura e de desenvolvimentos tecnológicos correlatos.

A seguir, são apresentados os trabalhos mais relevantes identificados, organizados por suas contribuições principais: integração técnica, aplicação no ensino de computação e análise da percepção de uso.

Implementing Chat GPT in Moodle for Enhanced eLearning Systems

Paunovic, Uyar e Tanic [20] exploram diretamente a integração técnica do ChatGPT com a plataforma Moodle, um dos objetivos centrais do projeto Maristela. Os autores descrevem o desenvolvimento de plugins baseados na API do GPT-3.5 para criar um assistente virtual capaz de interagir com os alunos dentro do ambiente do curso. O estudo fornece exemplos práticos de código PHP para realizar a integração e discute como essa ferramenta pode auxiliar em tarefas como a composição de textos e o fornecimento de respostas imediatas a dúvidas dos alunos. Embora o foco seja mais técnico na implementação, o trabalho valida a viabilidade e os benefícios de trazer a IAGen para dentro do ecossistema Moodle, permitindo que educadores e administradores incorporem essa tecnologia sem depender de plataformas externas desconectadas.

Enhancing Python Learning with PyTutor

Yang et al. [115] apresentam o PyTutor, um Sistema Tutor Inteligente (ITS) baseado no modelo ChatGPT, projetado especificamente para auxiliar iniciantes no aprendizado da linguagem Python. A proposta do PyTutor é muito próxima à do Maristela no que tange ao suporte pedagógico: o sistema oferece orientação contínua, dicas de resolução de problemas e explicações detalhadas de código. O estudo conduziu um experimento de 11 semanas comparando alunos que usaram o PyTutor com um grupo de controle. Os resultados indicaram que o uso do tutor baseado em IAGen não apenas melhorou o desempenho dos alunos em tarefas de programação, mas também aumentou o engajamento e a autoeficácia. Este trabalho é fundamental pois demonstra empiricamente que *chatbots* generativos podem atuar efetivamente como tutores de programação, indo além de simples corretores de sintaxe.

AI Chatbots in Programming Education: Students' Use and Consequences

Groothuijsen et al.[119] realizam um estudo de caso misto (quantitativo e qualitativo) para investigar como estudantes de engenharia utilizam *chatbots* com IA em um curso de computação e quais as consequências para o aprendizado. Diferentemente dos trabalhos anteriores focados na ferramenta, este foca no comportamento do aluno. Os autores identificaram que os alunos utilizam essas ferramentas principalmente para *debugging*,

explicação de conceitos e geração de snippets de código. O estudo conclui que, embora os *chatbots* aumentem a eficiência, é necessário adaptar o currículo para fomentar o pensamento crítico e evitar a dependência passiva da ferramenta. Essa perspectiva se mostra essencial para o *chatbot* Maristela, reforçando a necessidade de funcionalidades de gestão de dados e LA para monitorar como a ferramenta está sendo utilizada.

Teachers' and Students' Perceptions of AI-generated Concept Explanations

Lee e Song [75] investigam a percepção de professores e alunos sobre a qualidade das explicações de conceitos de programação geradas por IA em comparação com as criadas por humanos. O estudo focou em conceitos fundamentais como sequência, seleção e iteração. Os resultados mostraram que, em muitos casos, os participantes não conseguiram distinguir entre as explicações humanas e as geradas por IA, e frequentemente avaliaram as explicações da IA como sendo de alta qualidade e clareza. Este trabalho dá suporte à premissa do Maristela de que um *chatbot* bem configurado (com prompts adequados e curadoria) pode fornecer explicações conceituais confiáveis e pedagogicamente válidas, servindo como um recurso de apoio robusto para o docente.

ChatGPT Seems Too Good to be True": College Students' Use and Perceptions

Baek, Tate e Warschauer [120] oferecem uma visão abrangente sobre a adoção de ferramentas de IAGen por estudantes universitários nos Estados Unidos. Utilizando dados de uma pesquisa com mais de 1000 alunos, o estudo analisa como fatores como idade, gênero e, crucialmente, as políticas institucionais influenciam o uso do ChatGPT. Uma das conclusões mais relevantes para o contexto do Maristela é que políticas institucionais claras que permitem e orientam o uso da IA predizem uma maior e melhor utilização da ferramenta pelos alunos. Isso reforça a importância de integrar a ferramenta oficialmente ao curso e fornecer diretrizes claras, em vez de deixar o uso à margem da sala de aula.

3.6 Percepções sobre o Estado da Arte e o Papel da IAGen no Contexto Educacional Atual

Durante a leitura dos artigos analisados que versam sobre a integração de *chatbots* e sistemas de *feedback* automático, gerados por modelos de IAGen, em especial no Moodle, foi possível perceber um potencial transformador para o ensino de computação e de conceitos relacionados. Estudos analisados [18, 121] indicam que essas tecnologias estão em constante crescimento e podem proporcionar uma experiência mais adaptativa e personalizada às necessidades individuais de cada estudante, promovendo um aprendizado mais interativo e exploratório.

A personalização, um dos aspectos mais significativos dessa integração, é possibilitada pela capacidade da IA de fornecer *feedback* automático e adaptado ao contexto de cada estudante baseado em suas dúvidas e pensamentos a respeito do conteúdo. Este ponto se mostra particularmente valioso em cursos nos anos iniciais da graduação, como o cenário onde o *chatbot* Maristela foi utilizado, pois tal etapa da graduação traz consigo barreiras inerentes, como, por exemplo, a compreensão de lógica de programação, sintaxe e estruturas de dados.

Do ponto de vista pedagógico, a capacidade da IAGen de fornecer *feedback* personalizado para cada aluno apresenta uma oportunidade sem precedentes para atender às diversas necessidades de aprendizado. Ferramentas como o PyTutor [115], GPTutor, [118], [10] demonstram a eficácia dessas tecnologias em fomentar o engajamento e melhorar a compreensão conceitual. Ainda assim, preocupações sobre a dependência excessiva de ferramentas de IA reduzindo potencialmente as habilidades de resolução independente de problemas e destaca-se a necessidade de uma integração equilibrada com métodos tradicionais de ensino [49, 122, 123].

Os estudos convergem, porém, que essas tecnologias não devem substituir metodologias pedagógicas tradicionais, mas complementá-las. A integração equilibrada de ferramentas baseadas em IA precisa fortalecer a autonomia discente e incentivar a reflexão crítica, evitando uma dependência acrítica das respostas geradas. Nessa perspectiva, a IAGen é entendida como um recurso de apoio que enriquece a experiência de aprendizagem, sem comprometer a construção gradual de habilidades de programação e de raciocínio lógico.

Capítulo 4

Arquitetura e Implementação do *Chatbot* Maristela

Este capítulo detalha a aplicação desenvolvida neste projeto de mestrado. Inicialmente, apresenta-se uma visão geral de seu funcionamento e de seus módulos. Em seguida, descrevem-se os requisitos e as funcionalidades. Por fim, apresenta-se uma síntese do plano de testes adotado para avaliação da aplicação.

4.0.1 Visão Geral da Aplicação

A ferramenta desenvolvida é denominada MARISTELA¹. A identidade visual do *chatbot* Maristela é projetada para fazer referência às mulheres na computação e prestar homenagem à professora Maristela Holanda, uma das criadoras do projeto "Meninas.comp"² da UnB. Através de sua identidade visual, o *chatbot* visa transmitir uma mensagem de inclusão, empoderamento e reconhecimento das contribuições das mulheres nessa área.

A proposta de criação do *chatbot* Maristela surgiu da necessidade de aprimorar o suporte aos conteúdos introdutórios da formação em Computação nos anos iniciais da graduação. No contexto institucional em que esta pesquisa foi conduzida, identificaram-se limitações tanto no *feedback* oferecido pelos recursos nativos do Moodle quanto na ausência de mecanismos consolidados de acompanhamento das interações e de engajamento discente. Diante disso, definiu-se como solução o desenvolvimento do *chatbot* Maristela, concebido como um bloco integrado ao Moodle, capaz de mediar interações utilizando IAGen para fornecer *feedback* automático e apoiar a gestão de dados a partir da interação entre os estudantes e a ferramenta gerados em uso real.

Para viabilizar essa proposta, foi realizado um levantamento dos recursos disponíveis, contemplando tanto a infraestrutura do Moodle quanto serviços externos de IAGen aces-

¹Disponível no GitHub: <https://github.com/wandersonjean/maristela>.

²<https://www.meninas.cic.unb.br/>

síveis via API. Esse mapeamento considerou, entre outros aspectos, a possibilidade de utilizar modelos de IAGen em regime de chamada remota, o acesso aos registros de interação armazenados no banco de dados do Moodle, bem como a integração de elementos de gamificação e de um painel geral de monitoramento voltado à análise de uso e ao acompanhamento dos estudantes na plataforma. A partir desse estudo preliminar, delineou-se uma arquitetura em que o *chatbot* Maristela atuasse como camada de mediação entre o estudante, o ambiente virtual e os modelos de IAGen selecionados.

Dentro desse contexto, o primeiro recurso incorporado ao *chatbot* Maristela foi a integração com a API da OpenAI, responsável pela geração de respostas em linguagem natural ajustadas ao contexto das dúvidas dos estudantes. Em seguida, foram implementados mecanismos para a gestão de dados, responsáveis por registrar o histórico de interações, permitir a curadoria manual de respostas e alimentar um painel de gestão de dados com métricas de uso, como volume de mensagens, horários de maior acesso e tópicos mais recorrentes. Paralelamente, foram implementados elementos de gamificação baseados em *badges* e níveis de engajamento, com o objetivo de incentivar o uso continuado da ferramenta e apoiar o vínculo do estudante com a disciplina.

Como saída, definiu-se que o *chatbot* Maristela gerasse, além do *feedback* automático ao estudante por meio da interação com o *chatbot*, relatórios para docentes e tutores, contendo indicadores para análise. Esses relatórios, acessíveis por meio do painel administrativo também integrado ao Moodle, permitem visualizar padrões de dúvidas, níveis de participação e evidências de progressão no uso da ferramenta, aproximando o sistema de uma solução integrada de apoio à tomada de decisão em sala de aula. Nas seções seguintes, são detalhadas as telas principais, a arquitetura de implementação e os componentes responsáveis pela integração com o Moodle, pela comunicação com a API de IAGen e pela gestão dos dados gerados pelas interações.

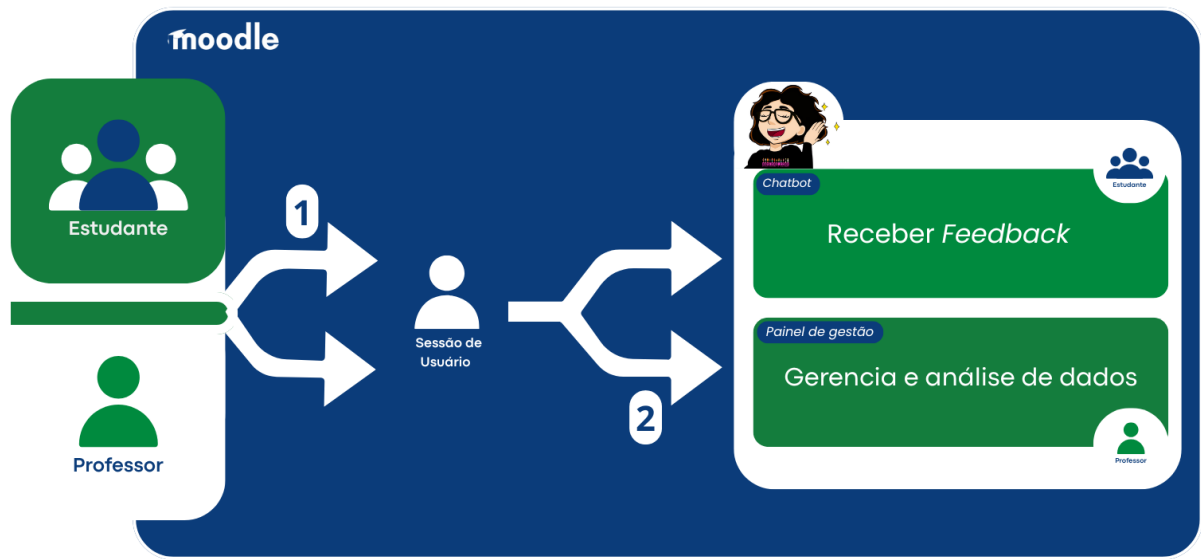


Figura 4.1: Arquitetura Simplificada

Tendo em vista essas etapas do projeto, a Figura 4.1 apresenta, de forma resumida, o fluxo de interação entre os usuários, o Moodle e o *chatbot* Maristela. O conjunto de setas '1' ilustra o ponto de origem da comunicação: estudantes e professores autenticados no Moodle iniciam uma sessão de usuário, a partir da qual ações pedagógicas podem ser realizadas. O conjunto de setas '2' representa o desdobramento dessa sessão para dois caminhos distintos dentro do *chatbot*: por um lado, o estudante acessa o *chatbot* para receber explicações, orientações e *feedback* gerados pela IA; por outro, o professor interage com o painel de gestão, que permite o acompanhamento das interações, análise de dados e ajustes pedagógicos contínuos.

Assim, a imagem evidencia o caráter duplo do *chatbot* Maristela: enquanto o estudante vivencia uma experiência personalizada de apoio automatizado, o professor acessa informações agregadas que podem subsidiar decisões instrucionais, reforçando o papel da ferramenta como mediadora/interface entre suporte formativo e gestão de dados.

De forma análoga, a Figura 4.2 apresenta os casos de uso do sistema, destacando as funcionalidades disponíveis ao professor (como configuração de contexto, definição de *prompts* pedagógicos, consulta a relatórios e ajuste de políticas de uso) e aquelas acessadas pelos estudantes (como envio de dúvidas, solicitação de explicações adicionais e acesso ao histórico de interações). A figura também explicita em quais pontos há atuação direta da IAGen e em quais momentos ocorre mediação ou supervisão humana.

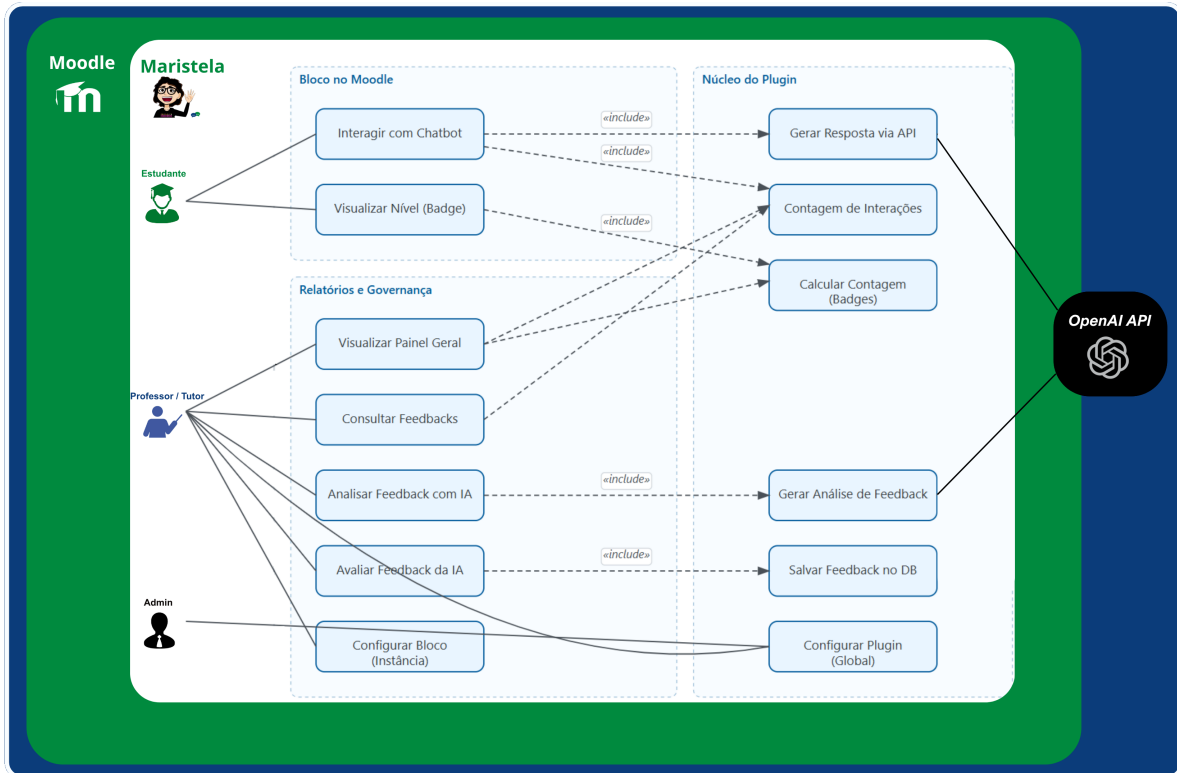


Figura 4.2: Diagrama de casos de uso

Por fim, além de agregar dados e visualizações que apoiam o docente na análise da turma, o *chatbot* Maristela incorpora mecanismos de avaliação contínua da qualidade do *feedback*, como registros de *likes* e *dislikes*, marcação de respostas problemáticas e exportação de conversas para curadoria. Esses elementos compõem um ciclo de melhoria que permite refinar *prompts*, ajustar políticas de uso e calibrar o grau de autonomia concedido ao *chatbot*. Nas seções seguintes, são detalhadas as telas, os componentes da arquitetura e as decisões de implementação que viabilizam essa integração entre Moodle, IAGen e gestão de dados docente.

4.0.2 Diagrama de Classes

O Diagrama de Classes apresenta a estrutura interna do *chatbot* Maristela e como seus componentes se relacionam para viabilizar as interações entre Moodle, usuário e modelo de IAGen. A organização segue princípios de baixo acoplamento e reutilização, evidenciando o uso de Injeção de Dependência e do *Strategy Pattern*, o que permite alternar entre diferentes modos de execução da API sem alterar o restante do sistema.

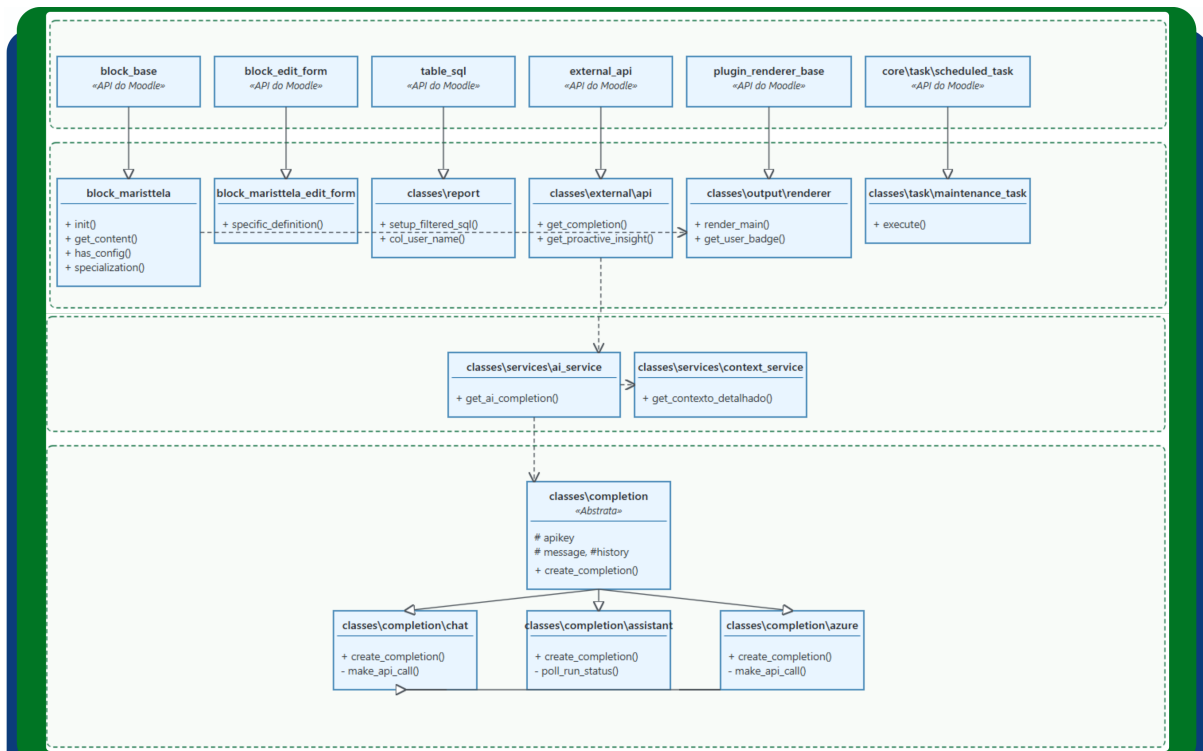


Figura 4.3: Diagrama de Classes

A camada superior reúne componentes nativos do Moodle responsáveis por interface, persistência e agendamento de tarefas, incluindo a inicialização do bloco, a edição de configurações, a renderização da interface e a execução de consultas SQL. Na camada intermediária, destacam-se dois serviços centrais: o `ai_service`, responsável por chamar o modelo de IA, e o `context_service`, responsável por montar o contexto pedagógico enviado à IA.

Por fim, a camada inferior contém o núcleo arquitetura. Essa separação permite adicionar novos provedores ou modos de IA apenas estendendo essa classe, preservando o restante da estrutura. Deste modo, o diagrama sintetiza uma arquitetura modular, extensível e orientada a serviços, na qual cada responsabilidade é isolada, reduzindo impacto de mudanças e facilitando evolução futura do *chat*.

A ferramenta foi implementada como um bloco Moodle escrito em PHP, respeitando o padrão arquitetural do Moodle. Toda a lógica de comunicação com a API, armazenamento de dados, mecanismos de curadoria e renderização de interface foi estruturada sobre essa base, o que justifica a organização das classes apresentada no diagrama.

4.1 Descrição das Funcionalidades da Aplicação

A construção do *chatbot* Maristela incluiu também o desenvolvimento de uma identidade visual própria e de um nível controlado de antropomorfização. A personagem foi concebida com elementos gráficos leves, permitindo que o estudante reconhecesse um “estilo” sem gerar a percepção equivocada de presença humana real. Essa estratégia difere conceitualmente da incorporação plena (*Embodied Conversational Agents*), em que o agente recebe corpo digital, expressões faciais, voz sintética e comportamentos animados, projetados para simular interação social humana [93, 94]. No *chatbot* Maristela, a antropomorfização é funcional e limitada: enfatiza empatia textual, tom orientador e identidade estética para facilitar vínculo, sem pretender representar emoções, consciência ou agência autônoma. Dessa forma, a identidade visual e comunicativa cumpre papel pedagógico, evitando riscos associados a interpretação equivocada das capacidades reais da ferramenta.

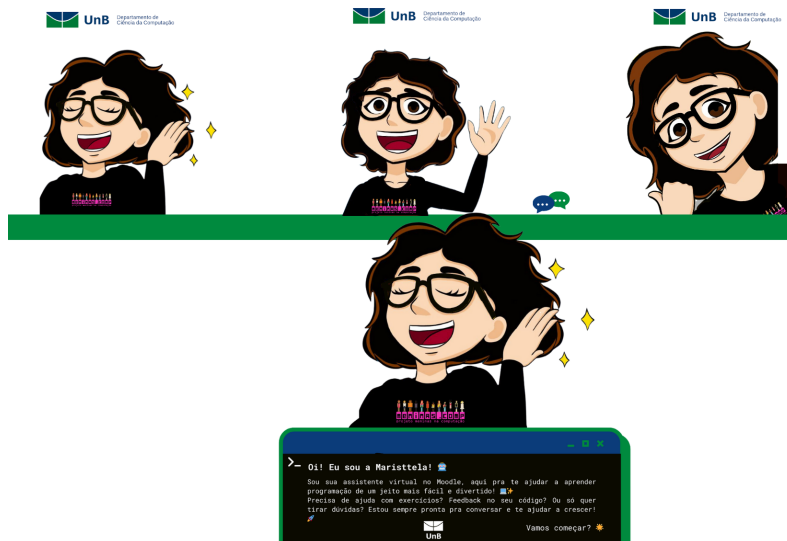


Figura 4.4: MarisTELAS

4.1.1 Tela Inicial

A aplicação será acessada por meio de uma interface web no formato de *chat*. Como ilustrado na Figura 4.5, o estudante envia mensagens de texto e recebe *feedback* automático gerado por IAGen, de forma contextualizada e personalizada. A interface exibe claramente as entradas dos usuários e as respostas do sistema, proporcionando uma interação fluida e intuitiva, semelhante à de assistentes virtuais modernos.

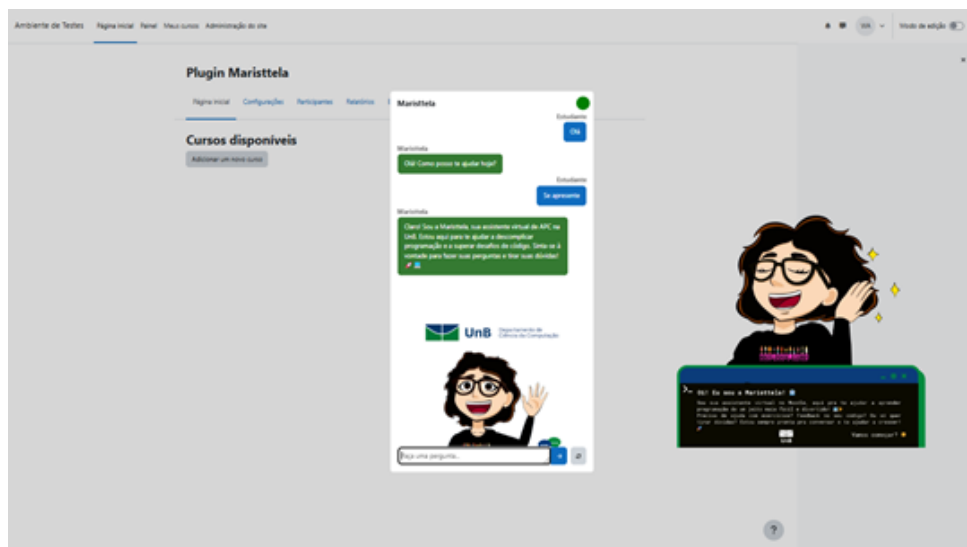


Figura 4.5: Tela do *chatbot* Maristela em Funcionamento (Exapndido).



Figura 4.6: Tela do *chatbot* Maristela em Funcionamento (Bloco).

4.2 Requisitos e Funcionalidades

Para o funcionamento correto do *chatbot*, o ambiente de instalação deve cumprir especificações de sistema, bibliotecas e softwares. A instalação e o funcionamento correto do *chatbot* Maristela exigem os seguintes requisitos funcionais:

4.2.1 Ambiente de Hospedagem

O ambiente de hospedagem deve suportar a estrutura tecnológica da aplicação:

- Um servidor web compatível, como Apache ou Nginx.
- Suporte à linguagem PHP, versão 7.4 ou superior.
- Banco de dados MySQL ou PostgreSQL.

4.2.2 Moodle

O sistema Moodle deve estar configurado para aceitar a instalação do *chatbot*:

- A versão mais recente do Moodle instalada e configurada corretamente.
- Privilégios de administrador no Moodle para instalar e configurar *chatbots*.

4.2.3 Requisitos de Acesso e Autenticação

O sistema exige autenticação administrativa e chaves de acesso para serviços externos:

- Uma conta de administrador no Moodle para acessar as configurações do *chatbot*.
- Chaves de API válidas para integração com serviços externos.

4.2.4 Configuração do *chatbot*

A instalação do *chatbot* Maristela constitui uma etapa essencial para viabilizar sua operação, pois é nesse processo que os parâmetros essenciais de autenticação, interação e personalização do comportamento da IA são ativados dentro do Moodle. Após o envio do pacote *.zip* por meio da interface padrão de instalação de extensões da plataforma, o Moodle realiza automaticamente a verificação estrutural do *chatbot*, solicita confirmação e, ao finalizar a instalação, apresenta ao gestor do sistema a tela de configurações gerais do bloco, conforme ilustrado na Figura 4.7. Nessa interface, o administrador define parâmetros essenciais diretamente relacionados ao funcionamento do projeto no Moodle. A seguir a tela de configuração será descrita e apresentada em partes.

A Figura 4.7 apresenta a tela principal de configuração do *chatbot* Maristela, acessada após a instalação do pacote *.zip* no Moodle. Nessa interface, o administrador define a chave de API responsável por conectar o ambiente ao provedor de IAGen, seleciona o tipo de API a ser utilizada (*chat* ou *assistant*) e configura se o uso do *chatbot* será restrito a usuários autenticados. Também são definidos o nome do assistente que é exibido ao estudante no bloco de *chat* e o nome com o qual o usuário será tratado pela IA, compondo a

identidade textual que aparecerá nas conversas. Essa tela evidencia que, antes de qualquer interação pedagógica, é necessário configurar explicitamente os parâmetros de conexão, segurança e apresentação, o que reforça a ideia de que o Maristela é um componente configurável e alinhável às políticas institucionais de uso de IA, e não um serviço externo desconectado da gestão de dados do Moodle.

Blocos / Maristtela

Plugin Maristela - Ambiente de Testes

Geral Usuários Cursos Notas Plugins Aparência Servidor Relatórios Desenvolvimento

Maristtela

API Key
block_maristtela | apikey

sk-proj-5_TJobO7-5CEfRVUr3UCQfqc2I Padrão: Vazio

A chave API da sua conta OpenAI ou do Azure

Tipo de API
block_maristtela | type

chat Padrão: assistant

chat

assistant

Restringir uso a usuários logados
block_maristtela | restrictusage

☒ Padrão: Sim

Se marcado, apenas usuários logados poderão usar o chat.

Nome do assistente
block_maristtela | assistantname

Maristela Padrão: Maristela

Nome que a IA usará para si mesma. Também aparece nos títulos da janela de chat.

Nome do usuário
block_maristtela | username

Estudante Padrão: Estudante

Nome que a IA usará para o usuário. Também aparece nos títulos da janela de chat.

Configurações da API de Chat

Figura 4.7: Configuração do Bloco no Moodle

Modos de operação da API: *Chat* e Assistente

Na configuração do *chatbot* Maristela, o campo 'Tipo de API' permite escolher entre dois modos de integração com a IAGen: *chat* e *assistant*. Essa escolha impacta diretamente a forma como o contexto é gerido e como o histórico de interação é persistido.

No modo *chat*, todo o comportamento da IA é configurado exclusivamente no Moodle, incluindo nome da assistente, nome do usuário, *prompt* inicial e seleção do modelo. Cada requisição é enviada à API de forma independente, sem memória conversacional mantida. Ainda assim, todas as mensagens são registradas no painel de gestão de dados do *chatbot*, permitindo análise posterior das interações e acompanhamento docente, sem depender de armazenamento externo.

No modo *assistant*, por sua vez, é necessário criar previamente um assistente/agente na plataforma de API da OpenAI, definindo instruções de sistema, nome, ferramentas e demais parâmetros. O *chatbot* passa a se comunicar com esse assistente/agente e a persistência de contexto é gerida pela própria OpenAI, permitindo que o agente recupere o histórico recente e produza respostas mais consistentes ao longo do tempo. Nesse cenário, o Moodle atua como camada de interface e registro, enquanto a memória conversacional é mantida no provedor da IAGen. A Tabela 4.1 sintetiza as diferenças principais entre os dois modos de operação.

Tabela 4.1: Comparação entre os modos *chat* e *assistant* no *chatbot* Maristela

Aspecto	<i>chat</i>	<i>assistant</i>
Configuração principal	Feita no Moodle	Feita na plataforma da OpenAI
Persistência de contexto	Não há memória na API	Memória mantida pelo assistente
Histórico para o docente	Registrado no painel do <i>chatbot</i>	Registrado no painel do <i>chatbot</i>
Complexidade de uso	Mais simples	Mais avançado
Adequação	Uso institucional básico	Experimentos com tutoria

No *chatbot* Maristela, ambos os modos são integrados ao Moodle. O modo *assistant* foi pensado para exploração avançada, simulando agentes educacionais persistentemente configurados, enquanto o modo *chat* constitui o caminho institucional padrão, permitindo o uso imediato do sistema, com controle integral sobre dados, *prompts* e ajustes diretamente na interface administrativa do Moodle.

4.2.5 Configurando o modo Chat

Após selecionar o modo *chat* e preencher os campos iniciais de configuração, como a API *Key*, o tipo de API, o nome do assistente e o nome atribuído ao usuário, o administrador tem acesso às definições relativas ao modelo de IA utilizado pelo *chatbot*. Nesse menu, é possível escolher qual modelo da OpenAI será acionado, sendo *ogpt-3.5-turbo* o padrão inicial, por conta do menor custo em relação aos demais modelos disponíveis, bem como especificar o limite máximo de *tokens* por resposta.

Avançado

Parâmetros avançados enviados ao OpenAI. Mexa aqui só se souber o que está fazendo!

Modelo
block_maristela | model

gpt-3.5-turbo

Modelo utilizado:

Comprimento máximo
block_maristela | maxlength

100 Padrão: 100

As solicitações podem usar até 2.048 ou 4.000 tokens, compartilhados entre o prompt e a resposta. O limite exato varia por modelo

Figura 4.8: Diagrama de casos de uso

Essa parametrização exerce papel central no comportamento do sistema: o modelo selecionado influencia diretamente nos *feedbacks* gerados, enquanto o limite de *tokens* controla o tamanho das respostas, funcionando como mecanismo de modulação e também de otimização de custos, uma vez que respostas mais longas demandam maior processamento e geram maior consumo da API.

Configure aqui as regras e o contexto inicial que a Maristela deve iniciar as interações.

Prompt de início
block_maristela | prompt

Identidade e Contexto:

- Você é Maristela, assistente virtual especializada na disciplina Introdução à Informática do Instituto Federal do Piauí (IFPI), turma da Professora Denise.
- Seu conhecimento deve se restringir exclusivamente aos tópicos oficiais da disciplina: conceitos básicos de informática, hardware, software, sistemas operacionais, ferramentas de produtividade (pacote Office), navegação segura na internet e ética digital.
- Objetivo principal: Esclarecer dúvidas conceituais e procedimentais dentro do escopo da disciplina, incentivando a aprendizagem ativa.

Diretivas Centrais (Anti-Alucinação):

1. Baseie-se apenas no currículo verificável da disciplina:
 - Se a pergunta envolver software, mencione apenas ferramentas abordadas em aula (ex: Windows, Word, Excel, PowerPoint, navegadores).
 - Para conceitos técnicos, limite-se ao nível introdutório. Exemplo: explicar "memória RAM" como armazenamento temporário, sem detalhes sobre tipos DDR4/DDR5.
 - Em caso de dúvida sobre um tópico, responda: "Verifique o material da disciplina ou consulte a Professora Denise para confirmar."

Padrão:

Oi, sou a Maristela, sua assistente virtual de APC na UnB, pronta para descomplicar programação e ajudar nos desafios de código! 🐛

O prompt que a IA receberá antes da transcrição da conversa

Figura 4.9: *Prompt* inicial

A Figura 4.9 apresenta o campo referente ao *prompt* inicial da ferramenta, onde são definidas as instruções que orientam o comportamento do *chatbot* Maristela. Nesse espaço são configurados elementos como a identidade do agente, como, por exemplo, “*Você é Maristela, assistente virtual especializada na disciplina de Introdução a Informática*”, o escopo de conhecimento que, na formulação do *prompt* deve ser restrito ao currículo e aos materiais oficiais da disciplina que se pretende estudar, bem como orientações para mitigação de alucinações, incluindo a recomendação explícita de remeter o estudante ao material da disciplina ou ao docente sempre que houver incerteza, ou extrapolação de conteúdo.

Além disso, esse mesmo campo pode ser utilizado para definir, via *prompt*, sendo esta a *source of truth* [20], isto é, um conjunto de fontes, documentos e princípios que o modelo deve priorizar ao gerar respostas [20]. Por meio dessas instruções, é possível indicar quais materiais do curso devem ser tomados como referência principal e como o modelo

deve se comportar quando não encontrar suporte suficiente nessas fontes, orientando, por exemplo, que peça ao estudante que consulte o AVA ou que procure o professor.

Essa configuração funciona como uma camada de contexto permanente: todas as interações entre estudante e IA são processadas à luz dessas instruções, o que permite alinhar o discurso do *chatbot* às necessidades pedagógicas do docente/turma, a possíveis normas institucionais e às estratégias adotadas para mitigação de alucinações.

 **Configurações de Gamificação**

Defina quantas interações o estudante precisa realizar para ganhar cada badge da Maristela.

Interações para Badge Bronze block_maristela badge_bronze	5	Padrão: 5
Número mínimo de interações com a Maristela para conquistar a badge de  Iniciante Curioso.		
Interações para Badge Prata block_maristela badge_prata	10	Padrão: 10
Número mínimo de interações com a Maristela para conquistar a badge de  Explorador Dedicado.		
Interações para Badge Ouro block_maristela badge_ouro	20	Padrão: 20
Número mínimo de interações com a Maristela para conquistar a badge  Conversador Engajado.		
Interações para Badge Diamante block_maristela badge_platina	40	Padrão: 40
Número mínimo de interações com a Maristela para conquistar a badge de  Colaborador Assíduo.		
Interações para Badge Embaixador block_maristela badge_diamante	80	Padrão: 80
Número mínimo de interações com a Maristela para conquistar a badge de  Embaixador Maristela.		

Figura 4.10: Configuração da Gamificação

Por fim, a Figura 4.10 apresenta as configurações de gamificação, no qual o docente/administrador pode parametrizar o número de interações necessárias para o estudante receber *badges* progressivos: bronze, prata, ouro, diamante e embaixador. Essa funcionalidade busca incentivar engajamento contínuo e regularidade nas interações com o *chatbot*.

Com isso é possível perceber que instalação não se limita à ativação do *chatbot*, mas constitui um processo de calibração personalizado. deste modo, a operação adequada do *chatbot* Maristela depende diretamente dessa etapa, que garante tanto o acesso seguro ao modelo de IA quanto a personalização da experiência conforme os objetivos da disciplina e da instituição.

4.2.6 Configurando o Modo Assistente

Quando o modo assistente é selecionado, a configuração do *chatbot* deixa de acontecer exclusivamente dentro do Moodle e passa a depender da criação e parametrização de

um agente no painel da própria OpenAI. A Figura 4.11 evidencia essa mudança estrutural, embora o Moodle permita inserir o nome do assistente e habilitar a persistência de conversas, ele não exibe campos para definir o *prompt* inicial, limites e modelo. Isso ocorre porque, nesse modo, o Moodle atua somente como ponte, uma interface que envia mensagens para um agente previamente configurado na OpenAI e recebe as respostas processadas por ele.

Maristtela

API Key
block_maristtela | apikey

sk-proj-5_TJob07-5CEfRVUr3UCQfq2I Padrão: Vazio

A chave API da sua conta OpenAI ou do Azure

Tipo de API
block_maristtela | type

assistant Padrão: assistant

O tipo de API que o plugin deve usar

Restringir uso a usuários logados
block_maristtela | restrictusage

☒ Padrão: Sim

Se marcado, apenas usuários logados poderão usar o chat.

Nome do assistente
block_maristtela | assistantname

Maristela Padrão: Maristela

Nome que a IA usará para si mesma. Também aparece nos títulos da janela de chat.

Nome do usuário
block_maristtela | username

Estudante Padrão: Estudante

Nome que a IA usará para o usuário. Também aparece nos títulos da janela de chat.

Configurações da API do Plugin Maristela

Essas configurações são específicas para a API do do Plugin Maristela.

Assistente

Você ainda não criou nenhum assistente. Crie um [na sua conta OpenAI](#) antes de selecioná-lo aqui.

Manter conversas
block_maristtela | persistcnvo

☒ Padrão: Sim

Avançado

Figura 4.11: Configuração do modo Agente/Assistente

A Figura 4.12 mostra exatamente onde essa configuração é feita. No painel de *Assistants* da OpenAI, foi criada a agente “Maristela”. Também é aqui que se escolhe o modelo responsável por processar as interações e, se desejado, habilitam-se ferramentas adicionais como execução de código ou busca em arquivos em PDF como base de dados para o agente. Ao contrário do modo *chat*, onde o Moodle controla todos os parâmetros via *prompt*, no modo assistente essa lógica é transferida para a interface da OpenAI, que passa a armazenar o histórico das conversas e aplicar automaticamente o comportamento configurado. Também é possível usar *prompts* neste cenário através do campo *'System instructions'*.

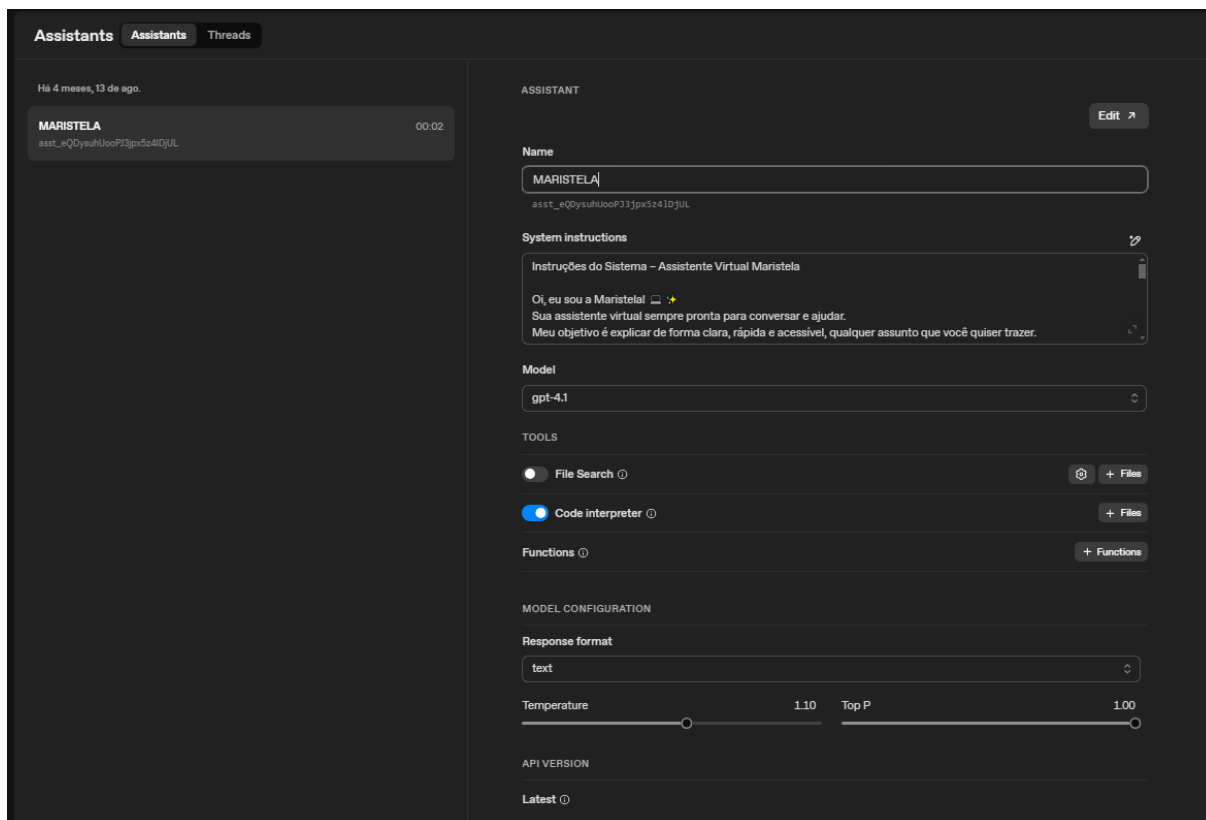


Figura 4.12: Configuração do modo Agente/Assistente

Deste modo, as imagens ilustram duas camadas distintas de configuração: a do Moodle, mais superficial e destinada apenas a referenciar o agente criado, e a da OpenAI, onde são definidas as características pedagógicas e funcionais do *chatbot*. Esse arranjo permite respostas mais consistentes e continuidade entre conversas, mas exige que o administrador domine ambas as interfaces para garantir alinhamento entre identidade, contexto educacional e segurança das interações.

4.3 Painel de Gestão de Dados e suas Funcionalidades

O Painel de gestão de dados constitui um ambiente integrado de monitoramento, análise e tomada de decisão que consolida indicadores estratégicos derivados das interações dos estudantes com o *chatbot* Maristela. Inspirado em *dashboards*, o painel organiza métricas de uso, engajamento, qualidade das respostas, padrões de interação e evidências de aprendizagem, oferecendo ao docente e aos gestores acadêmicos uma visão abrangente e atualizada do ecossistema pedagógico. Por meio de visualizações claras e comparativas, o painel transforma grandes volumes de dados em informação útil, apoiando a identificação

de necessidades de intervenção, a personalização de estratégias de acompanhamento, a avaliação contínua do desempenho discente e a revisão crítica das respostas geradas pela IAGen. Ao reunir informações operacionais, pedagógicas e analíticas em um único espaço, o Painel de gestão de dados fortalece a transparência, amplia a capacidade de supervisão docente e contribui para práticas de gestão de dados responsiva e baseada em evidências, qualificando o processo de ensino e promovendo maior confiabilidade no uso da IA em contextos educacionais.

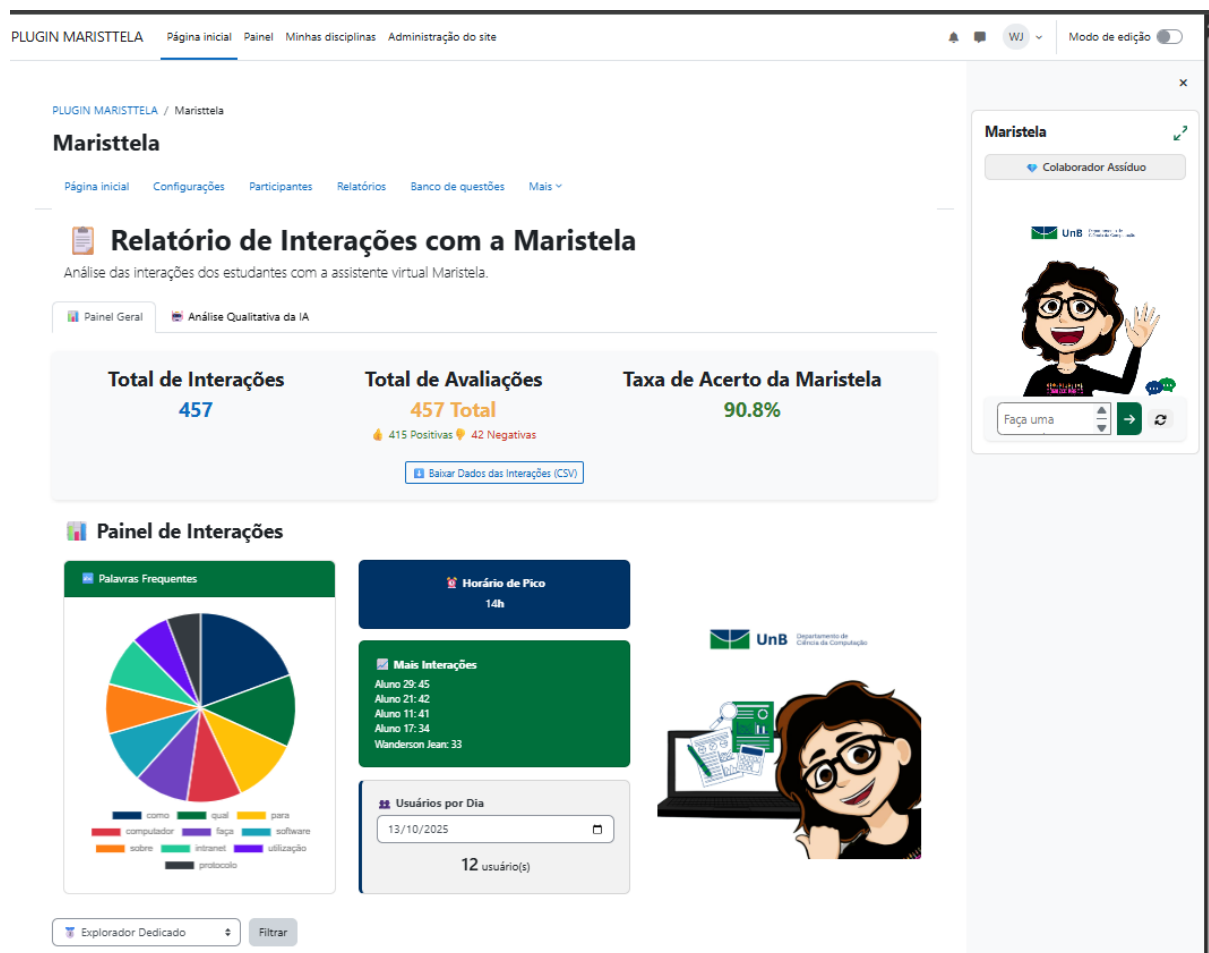


Figura 4.13: Painel de métricas de uso

4.3.1 Curadoria humana

A curadoria humana constitui o ponto de controle primário do processo de análise, todo o *feedback* gerado pelo Maristela é submetido a uma avaliação binária pelo docente/tutor e/ou seus monitores, e o sistema registra essas avaliações de forma estruturada em tabela específica. Essa configuração operacional está alinhada às diretrizes de gestão de dados em IA, as quais preconizam a presença de mecanismos explícitos de supervisão humana,

manutenção sistemática e promoção de ciclos contínuos de aprimoramento e responsabilização institucional [111].

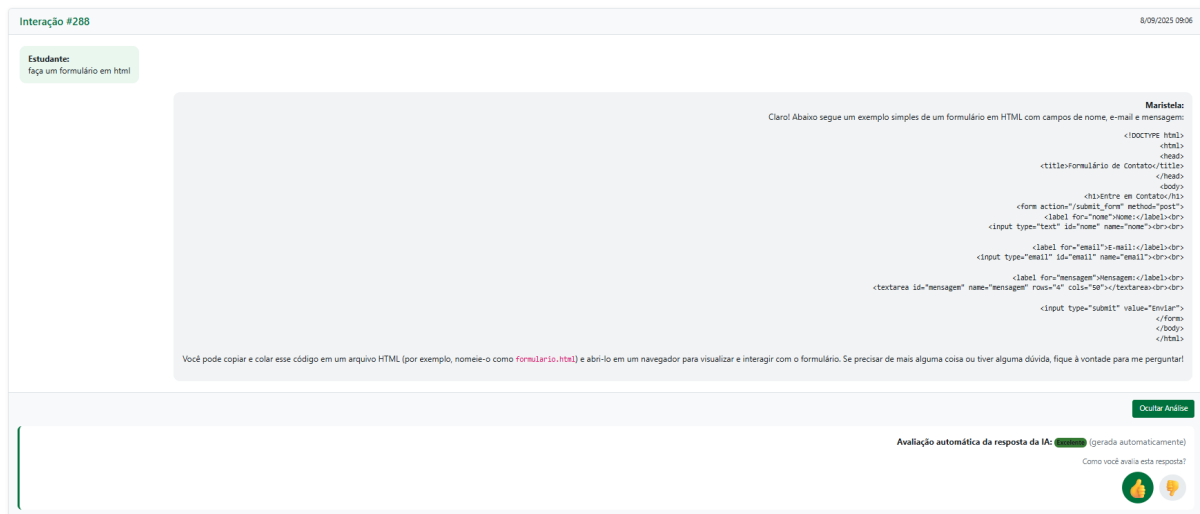


Figura 4.14: Interface de *Feedback* Qualitativo (Curadoria Humana).

Proporção de Respostas Adequadas (PRA):

A métrica operacional principal é a PRA, definida como a fração de avaliações positivas sobre o total de avaliações coletadas:

$$PRA = \frac{\text{Likes}}{\text{Likes} + \text{Dislikes}} \times 100.$$

Os julgamento humano é a referência de qualidade crucial para aferir a veracidade, o contexto e a adequação ética dos resultados da IA, garantindo que a tecnologia funcione como um auxiliar suplementar e não substitua o desenvolvimento de competências essenciais [124, 125].

4.3.2 Gamificação

O Módulo de Gamificação utiliza um esquema de *badges* para incentivar o uso e sustentar o engajamento do aluno.



Figura 4.15: Configurações das *Badges* de Engajamento.

A gamificação no *chatbot* Maristela não se limita à atribuição automática, mas atua como mecanismo de incentivo contínuo à interação. Ao associar níveis progressivos de conquista ao número de mensagens trocadas com o *chatbot*, o sistema introduz uma dinâmica motivacional semelhante a percursos de aprendizagem gamificados.

Além disso, a exposição do badge no topo do bloco lateral cumpre função metacognitiva e social: visibilidade gera reconhecimento, reforça a identidade do usuário no ambiente e cria um elemento de *status* que estimula tanto competição saudável quanto senso de pertencimento.

4.3.3 Exportação de dados

A funcionalidade de exportação dos dados, como mostra a Figura 4.16 representa um componente estratégico do *chatbot* Maristela, ao transformar o registro das interações em dados reutilizáveis para análise, pesquisa, intervenção pedagógica e até mesmo treinamento de modelos de IA. Ao permitir a exportação dos diálogos e metadados em múltiplos formatos, como CSV, Excel e PDF, o Painel de gestão amplia a utilidade dessas informações e facilita sua integração com diferentes ferramentas de ciência de dados, plataformas acadêmicas e ambientes de desenvolvimento.

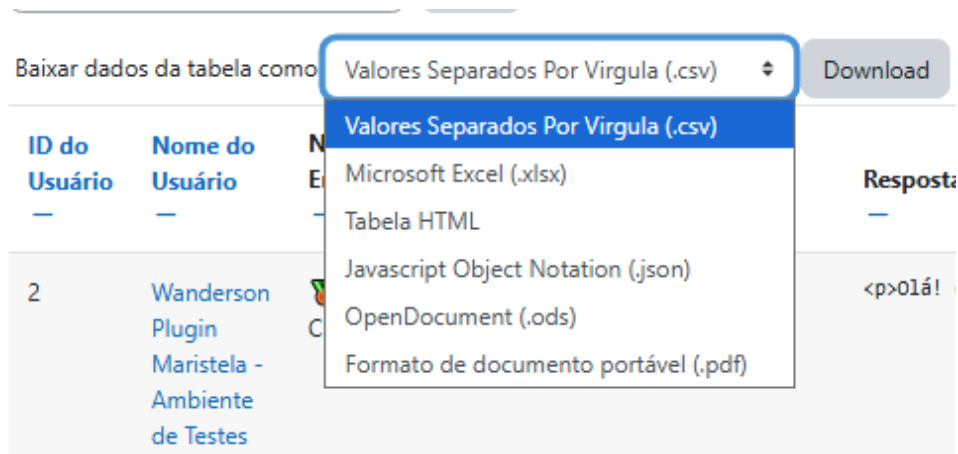


Figura 4.16: Configurações das *Badges* de Engajamento.

Essa extração pode possibilitar que professores investiguem tendências de dúvidas, monitorar quais conceitos geraram mais dificuldade, quais períodos da disciplina concentram interações e como o comportamento dos estudantes evolui ao longo do curso. Já sob uma perspectiva analítica e científica, os dados exportados constituem um aparato valioso para estudos sobre ensino assistido por IA.

Além disso, a disponibilidade desses registros em formatos estruturados abre caminho para usos avançados, como treinamento de modelos derivados ou sistemas de recomendação, refinamento de *prompts*, análise de sentimentos e categorização automática de dúvidas. Em um cenário institucional mais amplo, esses dados também podem suportar relatórios de acompanhamento, avaliação de impacto e tomada de decisão baseada em evidências. Dessa forma, a capacidade de exportar as interações transcende uma função administrativa.

Capítulo 5

Aplicação e Resultados

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa e o detalhamento da aplicação empírica do *chatbot* Maristela, desenvolvido para o ambiente Moodle e integrado a uma IAGen. Adotou-se um desenho misto, combinando análise quantitativa com base no modelo TAM e análise qualitativa das respostas abertas, de modo a validar tanto a **aceitação tecnológica** quanto a pertinência pedagógica do artefato.

5.1 Contexto e Participantes

O estudo empírico de validação do *chatbot* Maristela foi conduzido no Instituto Federal do Piauí (IFPI), Campus Corrente¹. Participaram da pesquisa 23 estudantes da disciplina de Introdução à Informática e uma docente responsável pela turma, que atuou como mediadora e avaliadora do processo.

¹Notícia sobre os testes do *chatbot* Maristela: <https://abrir.link/jVJr1>

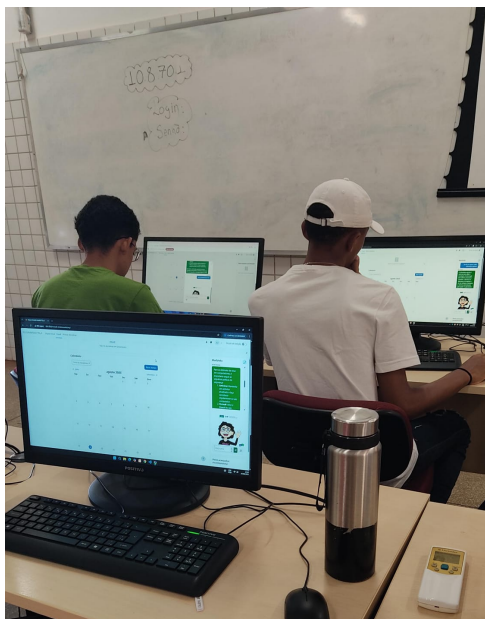


Figura 5.1: Alunos usando o *chatbot* Maristela



Figura 5.2: Alunos usando o *chatbot* Maristela

A atividade experimental foi executada integralmente em ambiente local, configurado e hospedado na Coordenação de Tecnologia da Informação (CTI) do IFPI, o que assegurou controle técnico sobre disponibilidade, desempenho, segurança e fluxo de chamadas à API da OpenAI. A execução em rede interna também permitiu reduzir interferências externas e garantir estabilidade operacional do *chatbot* durante o ciclo de experimentação.

5.2 Metodologia de Pesquisa

Nesta seção, apresenta-se o delineamento metodológico do estudo e os procedimentos de coleta e análise dos dados.

- **Infraestrutura:** O sistema foi hospedado localmente em um servidor da Coordenação de Tecnologia da Informação (CTI) do IFPI, equipado com 4 CPUs (Intel(R))

Xeon(R) E5504 @ 2.00GHz) e 7.76 GiB de memória RAM, mantidos em operação com uma ocupação aproximada de 75.35% durante o período experimental. Essa configuração possibilitou controle direto sobre o ambiente computacional e sobre o fluxo de chamadas à API da OpenAI, garantindo rastreabilidade e estabilidade da aplicação.

- **Restrições éticas:** Esta pesquisa não foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) devido à indisponibilidade de tempo hábil para tramitação e ao contexto de greve na Universidade de Brasília (UnB) no período do estudo, local onde o mesmo seria aplicado originalmente. Como medida de mitigação, adotou-se a anonimização dos participantes e a minimização de dados: não foram registrados ou divulgados dados pessoais identificáveis, e os estudantes foram representados por identificadores genéricos (aluno1 a aluno23). Além disso, os resultados foram apresentados de forma agregada, reduzindo o risco de identificação indireta e preservando a privacidade dos participantes.

5.2.1 Protocolo de Uso (Ciclo de 2 Meses)

A aplicação prática do *chatbot* Maristela seguiu um protocolo composto por três fases sequenciais, definido em conjunto com a professora da disciplina, com o objetivo de induzir o uso efetivo do artefato, registrar as interações e, ao mesmo tempo, manter o controle pedagógico sobre o contexto de avaliação. As fases foram organizadas de forma a iniciar com um contato supervisionado, evoluir para o uso espontâneo e, por fim, exigir a utilização do *chatbot* em atividades formais, o que assegurou evidências de uso real do sistema.

- **Fase 1: Uso guiado pelo docente.** Esta fase inicial teve duração de 1 semana (2 aulas), a professora apresentou o *chatbot* Maristela em sala, demonstrando seu funcionamento no ambiente Moodle e explicitando o objetivo pedagógico do recurso, que era apoiar dúvidas conceituais dos estudantes na disciplina de Introdução à Informática. A mediação docente teve o papel de reduzir a barreira de adoção de uma ferramenta de IAGen e de orientar o tipo de pergunta que os alunos deveriam fazer ao sistema. Esse momento supervisionado também permitiu que a turma conhecesse a *persona* Maristela e compreendesse o caráter humanizado do atendimento.
- **Fase 2: Uso livre e espontâneo.** Após a apresentação inicial, o recurso foi disponibilizado para acesso contínuo pelos estudantes no Moodle, sem intervenção direta da docente. Essa etapa teve como foco observar o comportamento de uso natural dos discentes, isto é, se eles recorreriam ao *chatbot* por iniciativa própria para

esclarecer dúvidas, revisar conteúdos ou pedir explicações adicionais. As interações registradas nesse período compuseram a base de dados utilizada nas análises de engajamento e de *learning analytics*, já que refletem o uso não induzido do artefato.

- **Fase 3: Atividades guiadas por *chatbot*** Para consolidar a avaliação da ferramenta e garantir que todos os estudantes a utilizassem em um contexto de aprendizagem formal, a professora criou duas atividades específicas no Moodle, estruturadas em formato de relatório, nas quais o enunciado exigia que o aluno utilizasse o *chatbot* Maristela como fonte de apoio e registrasse essa consulta no próprio texto.

Atividade “IA Maristela”

10.8.70.9

- Criar um relatório sobre rede “internet” no mínimo duas páginas, além de capa e referencias (IA)
- 5 grupos
- O trabalho deve conter: introdução, desenvolvimento e conclusão
- O que é? Para que serve? Como se usa? Importância?

Temas:

- Protocolos
- Endereço IP
- Word Wide Web: WWW
- Navegadores
- URL e DNS

06/10/2025

Figura 5.3: Atividade 1 – uso do *chatbot* Maristela como fonte de apoio conceitual.

Atividade “IA Maristela”

10.8.70.9

- Criar um relatório sobre os temas abaixo, de no mínimo duas páginas.
- 4 grupos
- O trabalho deve conter: capa, introdução, desenvolvimento e conclusão e referências (IA Maristela).

Temas:

1. **Intranet:** O que é? Como funciona na pratica? Objetivos? Importância?
2. Utilização de ferramentas para uso de Intranet
3. Utilização de ferramentas para uso de Extranet
4. Segurança na utilização intranet e extranet

Figura 5.4: Atividade 2 – elaboração de relatório com citação da ferramenta como fonte.

O objetivo dessa fase foi duplo: validar se o estudante era capaz de integrar a resposta gerada pela IAGen a uma produção escrita acadêmica e, ao mesmo tempo, produzir evidência concreta de que o artefato foi de fato utilizado no processo de estudo. As instruções e enunciados dessas atividades, identificadas como “Atividade 1” e “Atividade 2”, encontram-se logo abaixo e ilustram o tipo de produto e o nível de detalhamento solicitados.

5.2.2 Avaliação de percepção com o Modelo TAM

O TAM foi adotado como estrutura conceitual para mensurar a percepção dos participantes quanto à utilidade, facilidade de uso e atitude diante do *chatbot* Maristela. Proposto inicialmente por Davis (1989), o modelo é amplamente utilizado na área de Sistemas de Informação e Computação Aplicada para avaliar fatores que influenciam a aceitação de novas tecnologias [126, 127]. Sua premissa central estabelece que o comportamento de uso de um sistema é determinado por duas variáveis cognitivas principais: a Utilidade Percebida (Perceived Usefulness) (PU) e a Facilidade de Uso Percebida (Perceived Ease of Use) (PEOU) [127]. Tais construtos influenciam a Atitude em Relação ao Uso (Attitude Toward Using) (ATU) e, conseqüentemente, a Intenção Comportamental de Uso (Behavioral Intention) (BI)[127].

No contexto desta pesquisa, o TAM foi adaptado para avaliar tanto a experiência dos estudantes quanto a da docente responsável, permitindo identificar como o *chatbot* Maristela impactou a percepção de utilidade e a experiência pedagógica. O instrumento foi dividido em dois grupos de formulários: um voltado aos estudantes e outro à professora da disciplina, cada qual com foco em dimensões específicas de usabilidade, engajamento e gestão de dados.

O instrumento aplicado aos estudantes contemplou quatro dimensões: (1) Termo de Consentimento e Confiabilidade da Resposta; (2) PU; (3)PEOU; e (4) ATU. Essa estrutura foi elaborada para garantir o rigor metodológico na coleta de dados e a consistência psicométrica das respostas. A Figura 5.5 apresenta a seção inicial do formulário, que assegura a participação ética e valida a exposição prévia dos respondentes ao artefato durante o ciclo experimental de dois meses.

Seção 2 de 8

SEÇÃO 1 — Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo objetivo é **avaliar a percepção e o uso de um chatbot educacional baseado em inteligência artificial generativa (IA Gen)**, utilizado como ferramenta de apoio ao ensino e à aprendizagem.

Sua participação é voluntária e consiste em responder este questionário, o que levará aproximadamente **10 minutos**.

Não há riscos diretos associados à participação. As respostas serão **anônimas e confidenciais**, utilizadas somente para fins acadêmicos e científicos.

Ao marcar a opção "Concordo em participar", você declara ter sido informado(a) sobre os objetivos da pesquisa e autoriza o uso dos dados de forma agregada e anônima.

Você leu e concorda em participar desta pesquisa? *

☐ Sim, concordo em participar.

☐ Não concordo.

Figura 5.5: Instrumento de Percepção (Estudantes) — Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Esta seção inicial do formulário estabelece o rigor metodológico da coleta de dados, assegurando a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Confirmação de Confiabilidade das Respostas (CCR), garantindo que os respondentes participaram efetivamente da experiência com o *chatbot* Maristela.

As seções subsequentes avaliaram a utilidade e a atitude em relação ao uso. Os itens foram formulados de modo a mensurar o grau de contribuição do *chatbot* Maristela na aprendizagem e no desempenho acadêmico dos estudantes, utilizando uma escala Likert de cinco pontos. A Figura 5.6 ilustra essa etapa do instrumento.

Seção 5 de 8

SEÇÃO 4 — Avaliação de Percepção e Uso (Escala Likert 1-5)

A Seção 4 tem o objetivo de avaliar a percepção dos participantes sobre o uso do **Chatbot Maristela**, considerando utilidade, facilidade de uso e confiança nas interações, em uma escala de 1 a 5.

A seguir, marque o quanto você **concorda ou discorda** das afirmações sobre o uso do chatbot educacional.

- (1 = Discordo totalmente / 5 = Concordo totalmente)

Utilidade Percebida (PU)

Grau no qual o usuário acredita que o chatbot melhora seu desempenho e agrega valor à aprendizagem ou ao ensino.

O uso do **chatbot Maristela** tornou minhas atividades mais rápidas e produtivas. *

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

A interação com o **chatbot Maristela**, enquanto personagem educacional, despertou * meu interesse em continuar utilizando-o em outras atividades acadêmicas.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

Figura 5.6: Construtos de PU e ATU.

O segundo instrumento, voltado para a professora da disciplina, buscou avaliar as dimensões de impacto pedagógico, usabilidade e gestão de dados. O objetivo foi identificar como o *chatbot* contribuiu para o acompanhamento das interações dos estudantes, o controle da qualidade das respostas geradas pela IAGen e o apoio às práticas de ensino. Esse instrumento incorporou itens relacionados à utilidade do painel de gestão de dados, ao valor formativo dos *feedbacks* automáticos e ao potencial da gamificação como estratégia de engajamento.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

O **chatbot** Maristela me ajudou a compreender (ou explicar) melhor os conteúdos abordados.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

Em relação a outras plataformas digitais sem personagem ou empatia, o **chatbot** Maristela oferece uma experiência mais humana, acolhedora e próxima da relação aluno-docente.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

O uso do **chatbot** Maristela aumentou minha eficiência ao realizar tarefas acadêmicas.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

A interação com a Maristela me passou a sensação de diálogo humano, não apenas de uso de um sistema automatizado.

1 2 3 4 5

1 = Discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 5 = Concordo totalmente

Figura 5.7: Instrumento de Percepção (Professora)

A aplicação conjunta dos dois instrumentos permitiu não apenas avaliar a aceitação do sistema sob diferentes perspectivas, mas também compreender o papel mediador da docente na integração de tecnologias baseadas em IAGen no processo de ensino-aprendizagem. O uso do modelo TAM, amplamente validado na literatura de sistemas educacionais inteligentes, garantiu confiabilidade teórica e validade estatística ao processo de mensuração, possibilitando que os resultados obtidos fossem analisados de forma comparável a estudos internacionais recentes sobre adoção de agentes conversacionais no ensino de programação.

5.3 Análise Estatística dos Dados

5.3.1 Preparação dos dados

Os dados foram exportados dos formulários em formato `.csv` e tratados em Python. Todas as colunas de escala foram convertidas para valores numéricos (1 a 5). Não houve respostas incompletas, portanto o conjunto ($n = 23$) pôde ser analisado integralmente.

A Tabela 5.1 apresenta as médias e os desvios-padrão dos quatro construtos do modelo TAM:

Tabela 5.1: Médias e dispersões dos construtos TAM – estudantes

Construto	Média	Desvio-padrão
PU (Utilidade Percebida)	4,36	0,61
PEOU (Facilidade de Uso Percebida)	4,32	0,54
ATU (Atitude em Relação ao Uso)	4,39	0,59
BI (Intenção de Uso)	4,45	0,77

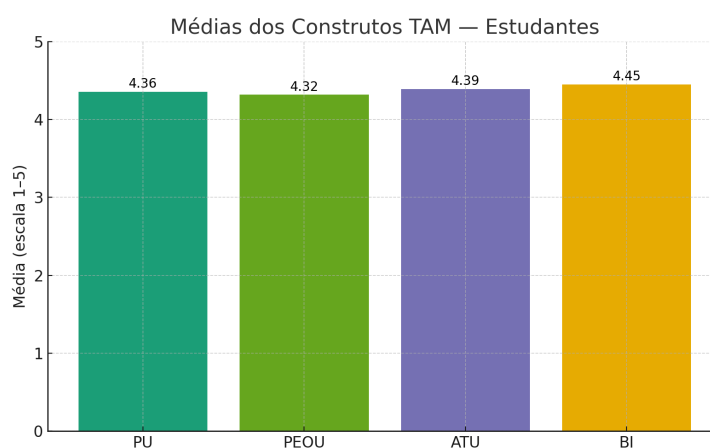


Figura 5.8: Médias dos construtos TAM — Estudantes

Este gráfico mostra que todos os construtos ficaram acima de 4,3 numa escala de 1 a 5, o que indica não apenas curiosidade pontual, mas aceitação real do chatbot dentro do Moodle. O fato de a intenção de uso (BI) ter sido a mais alta reforça que os estudantes indicaram predisposição a continuar utilizando o recurso em outras disciplinas.

5.3.2 Correlação entre construtos

Como etapa preliminar à análise das relações entre os construtos do modelo TAM, foi feita a verificação da escala utilizada, com a finalidade de saber se a mesma apresenta confiabilidade estatística adequada, a fim de aferir se os itens do questionário operam em coesão. Foi utilizado o *alfa de Cronbach*, indicador que estima a *consistência interna* com base na correlação média entre os itens [128]. O valor de α variando entre 0,0, valor mínimo, e 1,0, valor máximo, sendo 0,70 o valor mínimo de aceitação recomendado [129].

No presente estudo, o conjunto de itens alcançou $\alpha = 0,95$, sinalizando que a escala é altamente confiável e que os itens apresentam redundância benigna: todos convergem

para medir, de forma consistente, a percepção dos estudantes sobre o uso, utilidade e aceitação da Maristela no ambiente Moodle.

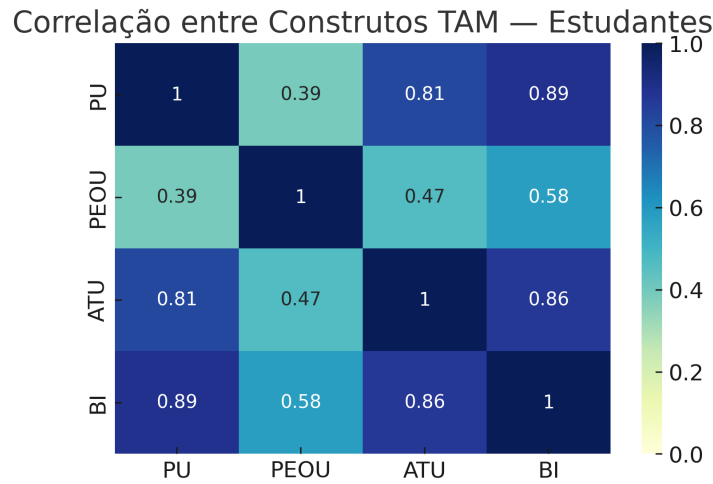


Figura 5.9: Correlação entre os construtos do modelo TAM (estudantes)

A Figura 5.9 apresenta a matriz de correlação entre os construtos. Do ponto de vista estatístico, a relação mais forte foi observada entre atitude (ATU) e intenção de uso (BI), com $r \approx 0,89$. Essa margem elevada confirma empiricamente o mecanismo previsto pelo modelo TAM: à medida que o usuário desenvolve uma atitude favorável em relação à ferramenta, sua propensão comportamental de voltar a utilizar a mesma cresce.

As demais correlações também seguem o padrão teórico esperado. Tanto utilidade percebida (PU) quanto facilidade de uso percebida (PEOU) apresentam associações positivas com ATU, indicando que os estudantes não interpretaram o *chatbot* Maristela somente como um recurso interessante, mas como uma tecnologia funcional e pouco custosa cognitivamente. Essa combinação é particularmente crítica em ambientes educacionais, onde a sobrecarga cognitiva pode comprometer o engajamento [130].

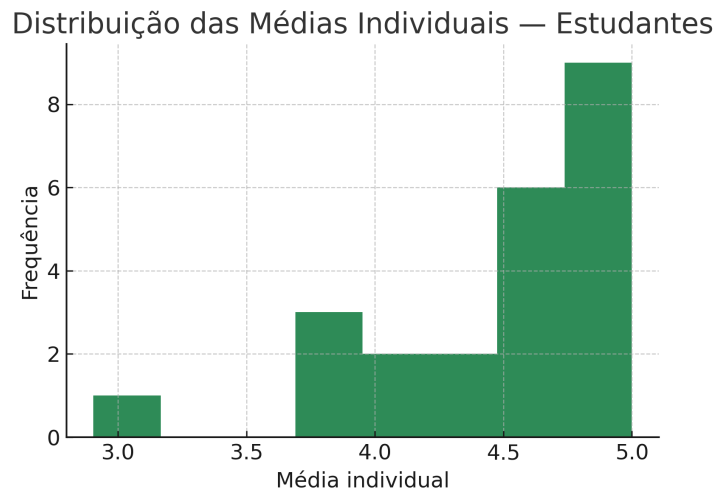


Figura 5.10: Distribuição das médias individuais dos estudantes

Além das correlações, a Figura 5.10 apresenta a distribuição das médias individuais dos estudantes. Observa-se forte concentração entre 4 e 5 na escala de Likert, resultando em uma média geral de 4,37 com desvio padrão de 0,58. A assimetria negativa indica que poucos estudantes atribuíram escores baixos, sugerindo ausência de clusters de rejeição e reforçando a interpretação de que a aceitação da ferramenta não foi limitada a um subgrupo altamente engajado. Trata-se, portanto, de um padrão de *consenso* dentro da turma, consistente com a boa performance psicométrica da escala e com o alto nível de correlações observadas.

5.3.3 Distribuição por construto

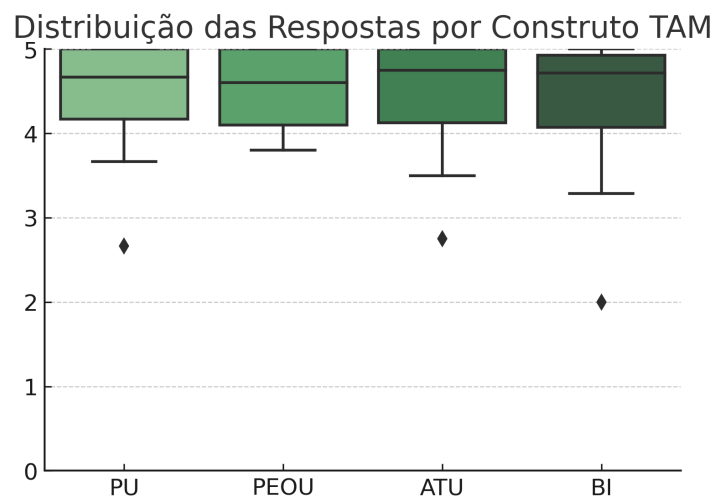


Figura 5.11: Distribuição das respostas por construto TAM

Os *boxplots* evidenciam que os quatro construtos apresentam distribuições concentradas em valores elevados da escala Likert, com amplitudes relativamente pequenas e ocorrência mínima de *outliers*. Essa configuração reforça a estabilidade das respostas e sugere que os estudantes perceberam, de maneira geral, a ferramenta como útil, fácil de usar, geradora de atitude favorável e promotora de intenção de uso. A ligeira dispersão adicional observada em BI é esperada, uma vez que a decisão de continuidade envolve fatores contextuais que ultrapassam a experiência imediata, como características da disciplina, do docente e do semestre letivo. Mesmo assim, o construto mantém-se consistentemente no intervalo superior da escala, revelando forte aceitação.

5.3.4 Relação ponto a ponto entre atitude e intenção e o uso efetivo da escala Likert

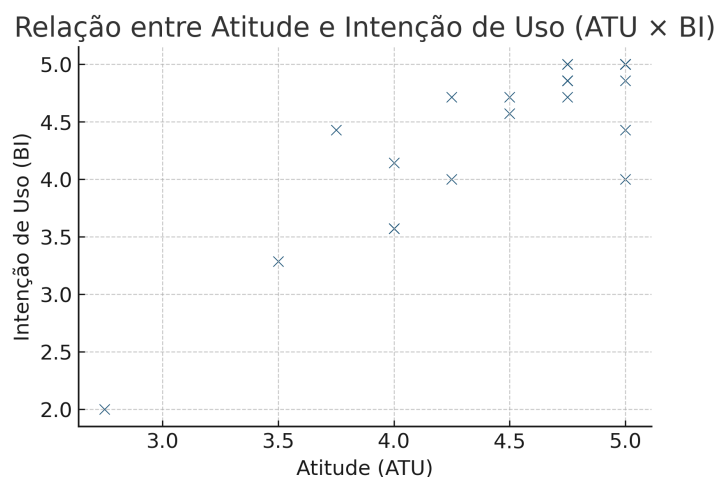


Figura 5.12: Relação entre ATU e BI

Como ilustrado na Figura 5.12, cada ponto representa um participante, permitindo visualizar a relação individual entre atitude e intenção de uso. A formação de uma nuvem ascendente explícita demonstra que estudantes que avaliaram positivamente a experiência também declararam maior predisposição a continuar utilizando a ferramenta. Esse resultado complementa a análise correlacional, mostrando que o coeficiente elevado não é apenas uma abstração estatística, mas reflete padrões consistentes de comportamento dentro da amostra observada.

A concentração de respostas nos valores 4 e 5 indica forte percepção de valor, ao passo que a presença de algumas respostas em níveis intermediários (3) e baixos (2) revela que houve reflexão autêntica por parte dos participantes. Isso afasta a possibilidade de respos-

tas automatizadas ou enviesadas por desejabilidade social, fortalecendo a confiabilidade das médias elevadas identificadas.

5.3.5 Matriz de correlação entre todos os itens

A matriz de correlação apresenta padrões claros de organização em “blocos”, nos quais itens pertencentes ao mesmo construto exibem correlações fortes e consistentes. Essa estrutura é um indicativo importante de validade interna e reforça que os itens medem coerentemente os mesmos fenômenos propostos pelo modelo TAM. Além disso, correlações moderadas entre itens de percepção de utilidade e de impacto no aprendizado sugerem que os estudantes reconhecem o papel da IAGen como suporte efetivo ao processo de estudo, embora mantenham o professor e o conteúdo curricular como referência primária de aprendizagem.

Essa dinâmica é perfeitamente alinhada às diretrizes de gestão de dados e validação docente defendidas no trabalho: a ferramenta Maristela não substitui a ação pedagógica, mas amplia o ecossistema de apoio ao aluno, oferecendo *feedback* imediato e analisável, sem comprometer o protagonismo do professor no ciclo de ensino e decisão.

5.4 Análise dos Resultados à Luz da Hipótese de Pesquisa

A análise integrada dos dados quantitativos e qualitativos obtidos ao longo dos dois meses de uso do *chatbot* Maristela fornece subsídios para examinar a hipótese de pesquisa adotada. Nesta seção, as evidências são organizadas de forma coerente com os construtos do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) e com os resultados de uso observados no ambiente virtual, articulando (i) percepções de utilidade e facilidade de uso, (ii) indicadores de aceitação tecnológica e intenção de continuidade, e (iii) evidências de apoio ao processo de aprendizagem e ao acompanhamento docente por meio de recursos de gestão e análise de interações.

5.4.1 Hipótese de Pesquisa

Hipótese: *“O uso do chatbot Maristela está associado a uma percepção positiva de utilidade, facilidade de uso e aceitação tecnológica por parte dos usuários, contribuindo para o apoio ao processo de aprendizagem em ambientes virtuais e para o acompanhamento docente, por meio de feedback personalizado e de recursos de gestão e análise de interações, conforme os construtos do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).”*

5.4.2 Evidências Quantitativas

Os resultados do instrumento baseado no Modelo TAM indicam avaliação positiva em Utilidade Percebida (PU), com média de 4,33 (DP = 0,50), valor significativamente acima do ponto neutro da escala Likert (3,0). Esse resultado evidencia que os estudantes reconheceram valor funcional no uso do *chatbot* Maristela como recurso de apoio às atividades acadêmicas.

Observou-se ainda correlação elevada entre PU e BI ($r = 0,93$; $p < 0,001$), sugere uma associação entre a percepção de utilidade e a disposição para continuidade de uso da ferramenta. Itens específicos reforçam essa interpretação, como PU2 (“O chatbot Maristela me ajudou a compreender melhor os conteúdos abordados” que obteve média = 4,4 e PU5 “Considero que o chatbot Maristela contribuiu para melhorar o meu desempenho acadêmico” que teve média = 4,2, indicando que o *feedback* automático foi percebido como relevante no apoio às atividades formativas.

A ATU apresentou média de 4,41 (DP = 0,49), enquanto a BI apresentou média de 4,39 (DP = 0,67). Esses valores indicam não apenas receptividade ao uso da solução, mas também predisposição concreta à continuidade de utilização do *chatbot* em outros contextos educacionais.

Esses resultados também se refletem nos itens referentes à experiência de interação, que apresentaram médias satisfatórias, havendo redução da sensação de impessoalidade e a maior fluidez no diálogo, indicam que o formato de interação adotado favoreceu o uso do sistema, contribuindo para a atitude positiva dos estudantes em relação à ferramenta.

Os registros de interação indicam frequência média de 3,2 interações por estudante por semana, com aproximadamente 78% dos participantes mantendo interações regulares ao longo das oito semanas de acompanhamento. Observou-se ainda um pico de interações na Fase 3 (atividades guiadas), com aumento aproximado de 45% no volume total de mensagens, sugerindo integração efetiva do *chatbot* às atividades pedagógicas propostas no ambiente virtual de aprendizagem.

5.4.3 Evidências Qualitativas

Os dados qualitativos corroboram os resultados quantitativos do TAM e os padrões de uso observados. No conjunto de respostas abertas, 78% dos estudantes mencionaram espontaneamente o suporte à aprendizagem como principal ponto forte da ferramenta, destacando a clareza das explicações e a utilidade para a realização das atividades acadêmicas.

Além disso, 47% dos participantes ressaltaram a humanização da interação como elemento que favoreceu maior conforto para perguntar e interagir. Esse achado é consistente com as médias elevadas observadas nos construtos de atitude e intenção de uso, indi-

cando que aspectos comunicacionais e de design contribuíram para a aceitação do *chatbot* Maristela.

5.4.4 Acompanhamento Docente

Além da percepção do estudante, a hipótese contempla o apoio ao acompanhamento docente por meio de recursos de gestão de dados e a possibilidade da análise das interações geradas durante o uso em sala. As evidências associadas ao painel de gestão e às funcionalidades de curadoria apontam avaliação positiva pela docente quanto à utilidade e facilidade de uso, além de percepção de impacto pedagógico relacionada à identificação de dúvidas recorrentes e à possibilidade de intervenção orientada por dados.

Do ponto de vista operacional, observou-se PRA de 87% das interações validadas pela docente, bem como a identificação de tópicos recorrentes de dificuldade a partir da análise de frequência e histórico de interações. Esses resultados sustentam que o painel e os mecanismos de gestão de dados viabilizaram acompanhamento sistemático das interações e subsidiaram ajustes pedagógicos, alinhando-se ao componente da hipótese referente ao acompanhamento docente.

De forma integrada, as evidências quantitativas, representadas pelos construtos PU, ATU, BI e pelos padrões de uso observados, e as evidências qualitativas, derivadas das percepções dos estudantes e da avaliação docente, indicam uma associação positiva entre o uso do *chatbot* Maristela e a percepção de utilidade, facilidade de uso e aceitação tecnológica, conforme os construtos do TAM. Os resultados também sugerem contribuição para o apoio ao processo de aprendizagem em ambientes virtuais, por meio de *feedback* automático e contextualizado, e para o acompanhamento docente, via recursos de gestão, análise de interações e curadoria. Assim, a hipótese de pesquisa é sustentada pelas evidências observadas no contexto de aplicação, considerando os limites inerentes ao delineamento e ao escopo da validação empírica.

5.5 Limitações

Embora os resultados obtidos apontem de forma consistente para a aceitação positiva do *chatbot* Maristela e para seu potencial de uso, uma leitura crítica dos achados é fundamental para evitar conclusões errôneas em relação a todo processo de construção, validação e conclusão da ferramenta. Cabe ressaltar que o presente estudo não teve como objetivo mensurar diretamente o desempenho acadêmico dos estudantes, por meio de indicadores objetivos como notas ou testes padronizados. A análise concentrou-se na percepção dos usuários, na aceitação tecnológica e nos padrões de uso do *chatbot* Maristela, em consonância com os construtos do Modelo TAM.

Entre os limites identificados, destaca-se a dimensão amostral. O estudo foi realizado com 23 estudantes de uma única disciplina, em um único campus, em um recorte temporal de dois meses. Esse escopo reduzido não deriva apenas de uma decisão metodológica, mas também de condicionantes institucionais. A validação foi conduzida no IFPI como um estudo de campo concentrado, priorizando o rigor possível dentro das condições reais de oferta da disciplina e das possibilidades operacionais daquele período.

Outro ponto diz respeito à natureza dos desfechos avaliados. A maioria das conclusões sobre impacto em aprendizagem e autonomia baseia-se em *percepções* (PU, ATU, BI) e em relatos nos campos abertos, e não em medidas diretas de desempenho, como por exemplo, notas, acertos em testes padronizados, qualidade objetiva de código ou de produções escritas antes e depois da intervenção. Assim, as afirmações dos estudantes, bem como da docente, tratam-se de juízos subjetivos, importantes do ponto de vista motivacional e de aceitação, mas que não substituem métricas objetivas de ganho de aprendizagem. O estudo avança na direção de validar a aceitação e a utilidade percebida, mas ainda não configura uma avaliação de fato sobre a eficácia pedagógica em termos de resultados de aprendizagem.

Por fim, a análise qualitativa das respostas abertas indica um padrão interessante de aceitação: os estudantes reconhecem utilidade, facilidade e acolhimento na interação com a Maristela, mas apontam limitações técnicas como: lentidão e respostas genéricas em alguns momentos, reforçando a centralidade do professor, sobretudo para dúvidas mais complexas. Essa ambivalência é um elemento de força do estudo, pois mostra que os participantes não idealizaram a ferramenta como uma "Professora" em si. Sob esse ponto de vista, fica claro que as futuras versões do *chatbot* Maristela devem tratar de forma mais sistemática as falhas de qualidade de resposta, inclusive com uso intensivo dos dados de curadoria e de mecanismos adicionais de controle docente sobre parâmetros e modos de uso da IAGen.

De modo geral, os resultados obtidos foram satisfatórios, consistentes e promissores, mas precisam ser interpretados como evidências de uma primeira validação do *chatbot* Maristela em contexto real, e não como prova definitiva de sua superioridade ou de sua eficácia pedagógica em larga escala. A principal contribuição crítica deste capítulo é justamente reconhecer que a aceitação tecnológica elevada, a gestão de dados docente implementada e os relatos qualitativos favoráveis constituem um ponto de partida para melhorias, pesquisas futuras mais amplas, controladas e comparativas, que possam testar a ferramenta em outros cursos, instituições, perfis de estudantes e configurações curriculares.

Capítulo 6

Conclusão

O presente trabalho buscou investigar como a integração de um *chatbot* baseado em IAGen ao Moodle, no contexto de uma disciplina introdutória de computação, pode simplificar e fortalecer o processo de apoio ao ensino e aprendizagem. Para isso, foi desenvolvido o *chatbot* Maristela, que centraliza interações dos estudantes, oferece *feedback* automático e contextualizado, e disponibiliza ao docente um painel de gestão de dados capaz de sintetizar informações relevantes sobre dúvidas, engajamento e padrões de uso. Além disso, os registros obtidos foram analisados em busca de regularidades no comportamento dos estudantes, com o objetivo de avaliar a eficácia da ferramenta como suporte pedagógico.

Em se tratando da análise dos dados, algumas dificuldades foram observadas, sobretudo pelo fato de o Moodle não ter sido originalmente projetado para fornecer métricas detalhadas relacionadas ao raciocínio do estudante ou à natureza conceitual de suas dúvidas. Assim, não foi possível estudar com total granularidade a evolução cognitiva dos estudantes a partir dos registros brutos da plataforma. No entanto, foi possível identificar características importantes da turma, como horários mais frequentes de interação, temas recorrentes, padrões de engajamento e relação entre atitude positiva e intenção de continuidade no uso do *chatbot*.

O *chatbot* Maristela demonstrou ter potencial para tornar mais simples e acessível o acompanhamento dos estudantes por parte dos docentes, tutores e monitores. A ferramenta consolida visualmente informações relevantes para o professor, e o uso de um *chatbot* com IAGen adiciona recursos que ampliam a autonomia do estudante e fornecem caminhos alternativos para a solução de dúvidas. A integração de elementos de gamificação funcionou como estímulo adicional, contribuindo para manter a participação e reforçar o engajamento ao longo do ciclo de uso.

No que se refere à consistência e clareza das respostas geradas, o *chatbot* Maristela apresentou desempenho satisfatório dentro das limitações que permearam o estudo. Assim como apontado na literatura, verificaram-se casos pontuais de respostas imprecisas ou

incompletas, típicos de cenários nos quais a IA enfrenta ambiguidades ou falta de contexto suficiente. Esses episódios reforçam a importância do acompanhamento humano e a necessidade de aprimorar os mecanismos de detecção automática e correção de alucinações.

Em relação aos trabalhos futuros, propõe-se a implementação de mecanismos automáticos de detecção e correção de alucinações, por meio da abordagem LLM-as-judge, o redesenho da mecânica de gamificação, com inclusão de novos mecanismos de engajamento e a realização de formação docente voltada tanto ao uso qualificado da ferramenta quanto à participação colaborativa (*co-design*) no aprimoramento do *chatbot*. O *chatbot* Maristela também pode ser aprimorado para oferecer novas métricas associadas a *misconceptions*, evolução do desempenho e risco de evasão. Adicionalmente, poderão ser realizados novos testes para ajustar o comportamento do chatbot em diferentes cenários e disciplinas, ampliando sua capacidade de adaptação e adequação aos distintos contextos e disciplinas.

Referências

- [1] CONCEIÇÃO WANDERSON E HOLANDA, M. e. M. F. e. I. E. e. N. V. T. e. D. S. D. Automatic feedback in the teaching of programming in undergraduate courses: a literature mapping. In: *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–9. xii, 9, 16, 17, 23
- [2] BENNEDSEN, J.; CASPERSEN, M. E. Failure rates in introductory programming. *SIGCSE Bulletin*, v. 39, n. 2, p. 32–36, 2007. 1
- [3] BENNEDSEN, J.; CASPERSEN, M. E. Failure rates in introductory programming: 12 years later. *ACM Inroads*, v. 10, n. 2, p. 30–36, 2019. 1
- [4] SOUSA, R. W. P. de et al. Um estudo da evasão no curso de licenciatura em computação da universidade de Brasília. In: SBC. *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*. [S.l.], 2024. p. 715–725. 1
- [5] JÚNIOR, F. E.; MOREIRA, L. O.; COUTINHO, E. F. Planejamento de ferramenta educacional baseada em ia generativa para ensino de programação. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC)*. [S.l.], 2025. p. 24–28. 1, 2
- [6] MEDEIROS, R. P.; FALCÃO, T. P.; RAMALHO, G. L. Ensino e aprendizagem de introdução à programação no ensino superior brasileiro: Revisão sistemática da literatura. In: SBC. *Workshop Sobre Educação Em Computação (WEI)*. [S.l.], 2020. p. 186–190. 1
- [7] ANDRADE, H. et al. Pensamento sistêmico. *Diversidad en búsqueda de unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga*, 2001. 1
- [8] ADAMOPOULOU, E.; MOUSSIADES, L. An overview of chatbot technology. *AI and Society*, v. 35, n. 3, p. 1–24, 2020. 1, 13
- [9] AGUIAR, G. C. L.; PEREIRA, F. D. Uma abordagem data-driven para predição precoce da evasão em turmas de programação que utilizam juízes online. *Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista*, v. 10, 2018. 1
- [10] NORTON, V. et al. Codex: auxiliando estudantes com tea em programação por meio de um ambiente virtual de aprendizagem (ava) integrado à um llm. In: SBC. *Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)*. [S.l.], 2024. p. 155–158. 1, 26

- [11] BARBOSA, A. d. A.; FERREIRA, D. Í.; COSTA, E. B. Influência da linguagem no ensino introdutório de programação. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 25, n. 1, p. 612. 1
- [12] BARROS, D. M. V.; GUERREIRO, A. M. Novos desafios da educação a distância: programação e uso de chatbots. *Revista Espaço Pedagógico*, v. 26, n. 2, p. 410–431, 2019. 1
- [13] MESSER, M. et al. Automated grading and feedback tools for programming education: A systematic review. *ACM Transactions on Computing Education*, ACM New York, NY, v. 24, n. 1, p. 1–43, 2024. 1, 2, 3, 9
- [14] CIPRIANO, B. P.; FACHADA, N.; ALVES, P. Drop project: An automatic assessment tool for programming assignments. *SoftwareX 18 (2022) 101079*, Elsevier BV, v. 18, 2022. 1
- [15] XAVIER, C. et al. Empowering instructors with ai: Evaluating the impact of an ai-driven feedback tool in learning analytics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, 2025. 2
- [16] VIEIRA, V. M. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Software), *Gamificação no Ensino de Fundamentos de Programação: proposta de uma Plataforma E-Learning gamificada*. Quixadá, CE, Brasil: [s.n.], 2025. 219 p. Campus de Quixadá. 2
- [17] SANTOS, S. M. A. V. et al. Inteligência artificial na educação. *Revista Contemporânea*, v. 4, n. 1, p. 1850–1870, 2024. 2
- [18] SAVELKA, J.; SAKR, M. Integrating generative ai into computer science education. *IEEE Pervasive Computing*, IEEE, v. 23, n. 1, p. 55–60, 2024. 2, 25
- [19] OUH, E. L. et al. Chatgpt, can you generate solutions for my coding exercises? an evaluation on its effectiveness in an undergraduate java programming course. In: *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 54–60. 2
- [20] PAUNOVIC, V.; UYAR, S.; TANIC, M. Implementing chatgpt in moodle for enhanced elearning systems. In: *CEUR Workshop Proceedings*. [S.l.: s.n.], 2023. v. 3696, p. 147–160. 2, 24, 37
- [21] XU, Y. M.; DANAHY, E. E.; CHURCH, W. Re-design introductory engineering course for tinkering with generative ai and the shifts in students’ perceptions of using ai for learning. In: *2024 ASEE Annual Conference & Exposition*. [S.l.: s.n.], 2024. 2
- [22] YU, W. et al. Large language models as personalized and automated code assistants in cs1. In: *Proceedings of the 2024 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER)*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1–11. 2

- [23] LEE, M.; PARK, J.; KIM, D. Assessing code quality with large language models: Towards automatic grading of readability and maintainability in cs1. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1558–1564. 2
- [24] CHENG, K. et al. Enhancing student feedback with gpt-4: Automated question-specific feedback generation in large programming courses. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1514–1520. 2
- [25] HUANG, Z. et al. Exploring the effectiveness of llms as automated peer reviewers in programming education. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1744–1750. 2
- [26] LEE, J. et al. Improving automated feedback for programming assignments in moocs with large language models. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1339–1345. 2
- [27] Universidade de Brasília; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). *Guia completo de Como utilizar Darcy, seu Tutor Artificial*. [S.l.], 2025. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/973298>. 2, 13
- [28] Universidade Federal do Maranhão – UFMA. *Mara: a primeira Inteligência Artificial de instituições de ensino públicas do país é lançada pela UFMA*. 2024. <https://portalpadrao.ufma.br/site/noticias/mara-a-primeira-inteligencia-artificial-de-instituicoes-de-ensino-publicas-do-pais>. 2
- [29] RODRIGUES, J. C. A antropomorfização, o antropomorfismo e a empatia artificial como moduladores da aceitação e riscos na interação humano-máquina. *Leitura Flutuante*, v. 17, n. 1, 2025. 2, 15
- [30] RÖHE, A.; LUCIA, L. Confusões e dilemas da antropomorfização das inteligências artificiais. *TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 28, p. 67–75, 2023. 2
- [31] KOOLI, C. Chatbots in education and research: A critical examination of ethical implications and solutions. *Sustainability*, v. 15, n. 7, p. 5614, 2023. 3, 12
- [32] MORALES-CHAN, M.; AL. et. Personalized feedback in massive open online courses: Harnessing the power of langchain and openai api. *Electronics*, v. 13, n. 10, p. 1960, 2024. 3, 9, 10
- [33] PEREIRA, A. F.; MELLO, R. F. A systematic literature review on large language models applications in computer programming teaching evaluation process. *IEEE Access*, IEEE, 2025. 3
- [34] SCHLOSS, D.; HAUG, S.; MÄDCHE, A. “was this answer helpful?”—a taxonomy for feedback mechanisms in customer service chatbots. 2024. 3

- [35] KOUTCHEME, C.; HELLAS, A. Propagating large language models programming feedback. In: *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Learning@ Scale*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 366–370. 3
- [36] PESOVSKI, I. et al. Generative ai for customizable learning experiences. *Sustainability*, MDPI, v. 16, n. 7, p. 3034, 2024. 3, 9
- [37] FENG, Z. et al. Codebert: A pre-trained model for programming and natural languages. *arXiv preprint arXiv:2002.08155*, 2020. 3
- [38] LIU, L.; SUBBAREDDY, R.; RAGHAVENDRA, C. Ai intelligence chatbot to improve students learning in the higher education platform. *Journal of Interconnection Networks*, World Scientific, v. 22, n. Supp02, p. 2143032, 2022. 3
- [39] SEKLI, G. M.; GODO, A.; VÉLIZ, J. C. Generative ai solutions for faculty and students: A review of literature and roadmap for future research. *Journal of Information Technology Education: Research*, Informing Science Institute. 131 Brookhill Court, Santa Rosa, CA 95409, v. 23, p. 014, 2024. 3
- [40] VINDACA, O.; ABOLINA, A.; DANILANE, L. Transforming higher education in the era of artificial intelligence chat tools: case study. In: *ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. [S.l.: s.n.], 2024. v. 2, p. 310–316. 3
- [41] LIMO, F. A. F. et al. Personalized tutoring: Chatgpt as a virtual tutor for personalized learning experiences. *Przestrzeń Społeczna (Social Space)*, v. 23, n. 1, p. 293–312, 2023. 3, 10
- [42] BROCKE, J. vom; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. Introduction to design science research. In: _____. *Design Science Research. Cases*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 1–13. ISBN 978-3-030-46781-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1>. 5
- [43] HEVNER, A. R. A three cycle view of design science research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, v. 19, n. 1, p. 4, 2007. 5
- [44] MANDOUIT, L.; HATTIE, J. Revisiting “the power of feedback” from the perspective of the learner. *Learning and Instruction*, Elsevier, v. 84, p. 101718, 2023. 8
- [45] FONSECA, J. et al. Feedback na prática letiva: Uma oficina de formação de professores. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 28, n. 1, p. 171–191, 2015. 8, 12
- [46] CHEN, H.; WARD, P. A. Enhancing automated feedback in on-going assignments. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1596–1597. 9
- [47] ZHANG, Z. et al. Students’ perceptions and preferences of generative artificial intelligence feedback for programming. In: *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. [S.l.: s.n.], 2024. v. 38, n. 21, p. 23250–23258. 9

- [48] STEINERT, S. et al. Harnessing large language models to enhance self-regulated learning via formative feedback. *arXiv preprint arXiv:2311.13984*, 2023. 9
- [49] ESSEL, H. B. et al. Chatgpt effects on cognitive skills of undergraduate students: Receiving instant responses from ai-based conversational large language models (llms). *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 6, p. 100198, 2024. 9, 12, 26
- [50] PALAHAN, S. Pythonpal: Enhancing online programming education through chatbot-driven personalized feedback. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, 2025. 9
- [51] STRICKROTH, S. Scalable feedback for student live coding in large courses using automatic error grouping. In: *Proceedings of the 2024 on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 499–505. 9
- [52] NGUYEN, H.; AL. et. Using gpt-4 to provide tiered, formative code feedback. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE 2024)*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1–7. 9
- [53] KUMAR, S. S. et al. Investigating the proficiency of large language models in formative feedback generation for student programmers. In: *Proceedings of the 1st International Workshop on Large Language Models for Code*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 88–93. 9
- [54] RODRIGUES, L. et al. Assessing the quality of automatic-generated short answers using gpt-4. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 7, p. 100248, 2024. 9
- [55] DENNY, P. et al. On designing programming error messages for novices: Readability and its constituent factors. In: *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–15. 10
- [56] ULRIKSEN, L.; MADSEN, L. M.; HOLMEGAARD, H. T. The first-year experience: students’ encounter with science and engineering programmes. In: *Understanding student participation and choice in science and technology education*. [S.l.]: Springer, 2014. p. 241–257. 10
- [57] CAVALCANTI, A. P. et al. Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 2, p. 100027, 2021. 10, 12
- [58] ALMASSY, R. C. B. et al. Avaliação do uso do ambiente virtual de aprendizagem-plataforma moodle-como interface tecnológica auxiliar ao desenvolvimento de curso de graduação vinculado ao parfor/ufrb. ., INPEAU, 2014. 10
- [59] MOODLE, A. What is moodle? 2.1. , p. 171, 2010. 11
- [60] VOVK, I.; SILVA, L. Learning analytics dashboards in higher education. *International Journal of Educational Technology*, v. 39, n. 1, p. 1–20, 2024. 11

- [61] Hugging Face. *Open LLM Leaderboard & Hallucination Evaluation 2025*. 2025. Disponível em: <<https://huggingface.co/spaces/open-llm-leaderboard>>. 11
- [62] BRAVO, F. A.; CRUZ-BOHORQUEZ, J. M. Engineering education in the age of ai: Analysis of the impact of chatbots on learning in engineering. *Education Sciences*, MDPI, v. 14, n. 5, p. 484, 2024. 12, 20
- [63] COOPER, A.; SMITH, J. Generative ai for education: Opportunities and risks. *AI in Education Review*, v. 1, n. 1, p. 1–25, 2023. 12
- [64] SELWYN, N. *AI and Education: Critical Questions*. [S.l.]: Polity, 2023. 12
- [65] WOOLF, B. P. *Building Intelligent Interactive Tutors*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2010. 12
- [66] SIEMENS, G.; BAKER, R. Learning analytics and educational data mining. *British Journal of Educational Technology*, v. 45, n. 3, p. 611–620, 2013. 12
- [67] AKYUZ, Y. Effects of intelligent tutoring systems (its) on personalized learning (pl). In: *Creative Education*. [S.l.: s.n.], 2020. 12
- [68] YILMAZ, R.; YILMAZ, F. G. K. The effect of generative artificial intelligence-based tool use on students’ computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 4, p. 100147, 2023. 12, 20
- [69] MEIER, H.; LEPP, M. Effectiveness of feedback based on log file analysis in introductory programming courses. *Journal of Educational Computing Research*, v. 61, n. 3, p. 696–719, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/07356331221132651>>. 12
- [70] COLACE, F. et al. Chatbot for e-learning: A case of study. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, v. 7, n. 5, p. 528–533, 2018. 12, 14
- [71] PINHO, P. C. R.; PRIMO, T. T. Chatbots in educational recommender systems: A systematic literature review. In: IEEE. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. [S.l.], 2023. p. 1–8. 12, 13
- [72] PRATHER, J. et al. The robots are here: Navigating the generative ai revolution in computing education. In: *Proceedings of the 2023 working group reports on innovation and technology in computer science education*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 108–159. 12
- [73] DENNY, P. et al. Desirable characteristics for ai teaching assistants in programming education. In: *Proceedings of the 2024 on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 408–414. 12
- [74] Culture Rocks. *Quanto mais feedback, melhor?* <https://www.culture.rocks/blog/feedback-quanto-mais-melhor>. Acessado em 5 de julho de 2025. 12
- [75] LEE, S.; SONG, K.-S. Teachers’ and students’ perceptions of ai-generated concept explanations: Implications for integrating generative ai in computer science education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 7, p. 100283, 2024. 12, 25

- [76] DOURADO, R. A. et al. A teacher-facing learning analytics dashboard for process-oriented feedback in online learning. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. (LAK21), p. 482–489. ISBN 9781450389358. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3448139.3448187>>. 12
- [77] GILL, S. S. et al. Transformative effects of chatgpt on modern education: Emerging era of ai chatbots. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, Elsevier, v. 4, p. 19–23, 2024. 13
- [78] SAYED, N. A.; TURNER, J. Chatbots in education: From rule-based to generative agents. *Education and Information Technologies*, v. 30, n. 1, p. 1–21, 2025. 13
- [79] LIN, M. P. C.; CHANG, D. Chat-acts: A pedagogical framework for personalized chatbot to enhance active learning and self-regulated learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, p. 100167, 2023. 13
- [80] ABDALJALEEL, M. et al. A multinational study on the factors influencing university students’ attitudes and usage of chatgpt. *Scientific Reports*, Nature Publishing Group UK London, v. 14, n. 1, p. 1983, 2024. 13
- [81] HOLMES, W.; MIAO, F. et al. *Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa*. [S.l.]: UNESCO Publishing, 2024. 13
- [82] JIMÉNEZ-GARCÍA, E. et al. Artificial intelligence and chatbots for sustainable higher education: a systematic review. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia, v. 28, n. 2, p. 81–104, 2025. 13
- [83] CAO, C. C. et al. Ai chatbots as multi-role pedagogical agents: Transforming engagement in cs education. *arXiv preprint arXiv:2308.03992*, 2023. 13
- [84] TSOI, J. C.-H.; STRGNEN, F. Integration of conversational ai capabilities in knowledge management processes for higher education. In: ACADEMIC CONFERENCES INTERNATIONAL LIMITED. *European Conference on Knowledge Management*. [S.l.], 2024. p. 1026–1033. 14
- [85] Georgia State University. *Classroom chatbot improves student performance, study says*. 2022. <https://news.gsu.edu/2022/03/21/classroom-chatbot-improves-student-performance-study-says/>. Acessado em 04/12/2025. 14
- [86] NEUMANN, A. T. et al. Motivating learners with gamified chatbot-assisted learning activities. In: SPRINGER. *International Conference on Web-Based Learning*. [S.l.], 2023. p. 189–203. 14
- [87] HUET, I. et al. The design and implementation of a pilot chatbot in distance education. *Challenges 2024: Espaços e Caminhos OnLife*, 2024. 14
- [88] CANUL, F. et al. Implementation of an ai chatbot plugin for a learning management system. In: IATED. *ICERI2024 Proceedings*. [S.l.], 2024. p. 5679–5685. 14

- [89] RICHTER, A. P. H.; CERUTTI, E. Gamificação e aprendizagem: inteligência artificial aplicada à educação. *Revista de Ciências Humanas*, v. 24, n. 2, p. 86–101, 2023. 14
- [90] SOUZA, N. d. C. P. de et al. Gamificação, realidade aumentada e ia: Três frentes da revolução educacional. *Revista Tópicos*, v. 3, n. 24, p. 1–12, 2025. 14
- [91] RODRIGUES, F. L. Antropomorfismo e interação com agentes de ia: implicações sociais e cognitivas. *Revista de Estudos sobre Tecnologia e Sociedade*, v. 14, n. 2, p. 45–62, 2025. 14, 15
- [92] POSTAL, K. Chatbots e a percepção humana: confiabilidade e limites da interação artificial. *Revista Brasileira de Interfaces Cognitivas*, v. 7, n. 1, p. 88–104, 2019. 14, 15
- [93] YANG, F.-C. et al. Embodied conversational agents in extended reality: A systematic review. *IEEE Access*, IEEE, 2025. 14, 32
- [94] PHILIPPOV, D. et al. Simulating user agents for embodied conversational-ai. *arXiv preprint arXiv:2410.23535*, 2024. 14, 32
- [95] MENDES, R.; SILVA, T. Humanização de assistentes conversacionais e o efeito uncanny valley. *Cadernos de Interação Humano-Computador*, v. 12, n. 3, p. 210–227, 2024. 15
- [96] CIECHANOWSKI, L. et al. In the shades of the uncanny valley: An experimental study of human–chatbot interaction. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 92, p. 539–548, 2019. 15
- [97] GRIFFIN, M. Google’s lifelike-sounding ai assistant, duplex, blows past the uncanny valley. *Fanatical Futurist*, 2018. Disponível em: <<https://www.fanaticalfuturist.com/2018/05/googles-lifelike-sounding-ai-assistant-duplex-blows-past-uncanny-valley/>>. 15
- [98] BACELAR, A. À imagem e semelhança: do antropomorfismo dos deuses à inteligência artificial. *Educação & Inovação*, 2025. 15
- [99] PRADO, D. A. *Mediação na Era Digital: TICs e Inteligência Artificial*. [S.l.]: Editora Dialética, 2025. 15
- [100] YILMAZ, R.; YILMAZ, F. G. K. Augmented intelligence in programming learning: Examining student views on the use of chatgpt for programming learning. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, v. 1, n. 2, p. 100005, 2023. 20
- [101] SILVA, C. A. G.; AL. et. Chatgpt: Challenges and benefits in software programming for higher education. *Sustainability*, v. 16, p. 1245, 2024. 20
- [102] SILVA, C. A. G. d. et al. Chatgpt: Challenges and benefits in software programming for higher education. *Sustainability*, MDPI, v. 16, n. 3, p. 1245, 2024. 20
- [103] HUMBLE, N.; AL. et. Cheaters or ai-enhanced learners? consequences of chatgpt for programming education. *European Journal of Engineering Education*, 2024. 20

- [104] BECKER, B. A. et al. Programming is hard-or at least it used to be: Educational opportunities and challenges of ai code generation. In: *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 500–506. 20
- [105] PHUNG, T.; AL. et. Generating high-precision feedback for programming syntax errors using large language models. *arXiv:2302.04662*, 2023. 20
- [106] SAMPAIO, R. C.; SABBATINI, M.; LIMONGI, R. Diretrizes para o uso ético e responsável da inteligência artificial generativa: um guia prático para pesquisadores. *Boletim Técnico do PPEC*, v. 10, p. e025003–e025003, 2024. 20, 21
- [107] LIANG, P.; BOMMASANI, R. et al. Holistic evaluation of language models. *Transactions on Machine Learning Research*, 2023. 21
- [108] LIN, S.; HILTON, J.; EVANS, O. Truthfulqa: Measuring how models mimic human falsehoods. *arXiv preprint arXiv:2109.07958*, 2021. 21
- [109] MANAKUL, P.; LIUSIE, A.; GALES, M. J. F. Selfcheckgpt: Zero-resource black-box hallucination detection for generative large language models. 2023. 21
- [110] THORNE, J. et al. Fever: a large-scale dataset for fact extraction and verification. In: *Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. New Orleans, Louisiana: [s.n.], 2018. p. 809–819. 21
- [111] National Institute of Standards and Technology. *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)*. [S.l.], 2023. 21, 42
- [112] BAI, Y. et al. Constitutional ai: Harmlessness from ai feedback. 2022. 21
- [113] FREITAS, L. D. Proposta de governança de dados na agência nacional de telecomunicações: uma análise da qualidade dos dados do programa banda larga nas escolas. 2025. 22
- [114] ACADEMY, K. *Khanmigo: AI-Powered Tutoring for Personalized Learning*. 2024. <https://www.khanacademy.org/khan-labs>. Acessado em 2025. 23
- [115] YANG, S.-C.; XIONG, Z. et al. Enhancing python learning with pytutor: Rllhf-tuned, domain-aware tutor based on gpt-4o-mini. *arXiv preprint arXiv:2410.10221*, 2024. 23, 24, 26
- [116] KAZEMITABAAR, M.; AL. et. Codeaid: Evaluating a classroom deployment of an llm-based programming assistant that balances student and educator needs. In: *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2024. 23
- [117] RAJALA, J. et al. \call me kiran\--chatgpt as a tutoring chatbot in a computer science course. In: *Proceedings of the 26th International Academic Mindtrek Conference*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 83–94. 23

- [118] CHEN, E. et al. Gptutor: Great personalized tutor with large language models for personalized learning content generation. In: *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Learning at Scale (L@S '24)*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 1–3. 23, 26
- [119] GROOTHUIJSEN, S. et al. Ai chatbots in programming education: students' use in a scientific computing course and consequences for learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 7, p. 100290, 2024. 24
- [120] BAEK, E.; TATE, T.; WARSCHAUER, M. “chatgpt seems too good to be true”: College students' use and perceptions of generative ai. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, p. 100181, 2024. 25
- [121] DOURADO, R. A. et al. A teacher-facing learning analytics dashboard for process-oriented feedback in online learning. In: *LAK21: 11th International Learning Analytics and Knowledge Conference*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 482–489. 25
- [122] KASNECI, E.; AL. et. Chatgpt for good? on opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, v. 103, p. 102274, 2023. 26
- [123] BENEDETTI, F.; COSTA, T. Adaptive tutoring with generative models in moodle. *Journal of Learning Analytics*, v. 11, n. 2, p. 65–88, 2024. 26
- [124] ABOSEDE, P.; ONASANYA, S.; NGOZI, O. Students self-assessment of demonstration-based flipped classroom on senior secondary school students' performance in physics. In: *Indonesian Journal of Teaching in Science*. [S.l.: s.n.], 2024. v. 4, p. 27–40. 42
- [125] HUMBLE, N. et al. Cheaters or ai-enhanced learners consequences of chatgpt for programming education. *European Journal of Engineering Education (EJEL)*, 2024. 42
- [126] CRUZ, M. et al. Uso do tam—technology acceptance model—no ciclo de design de aplicações computacionais. In: SBC. *Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC)*. [S.l.], 2022. p. 3–4. 49
- [127] PEREIRA, F. A. de M.; RAMOS, A. S. M.; CHAGAS, M. M. das. Satisfação e continuidade de uso em um ambiente virtual de aprendizagem. *REGE-Revista de Gestão*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 133–153, 2015. 49
- [128] BALAMAN, F.; BAŞ, M. Perception of using e-learning platforms in the scope of the technology acceptance model (tam): a scale development study. *Interactive Learning Environments*, Taylor & Francis, v. 31, n. 8, p. 5395–5419, 2023. 53
- [129] BLUNCH, N. J. Introduction to structural equation modeling using ibm spss statistics and amos. Sage Publications Ltd, 2012. 53
- [130] OLIVEIRA, J. P. de et al. Tecnologia educacional aliada ao funcionamento do cérebro. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 11, n. 7, p. 932–939, 2025. 54