

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS MÜLLER

*BOT* EDUCACIONAL PARA METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO REMOTO

CURITIBA PR

2025

LUCAS MÜLLER

*BOT* EDUCACIONAL PARA METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO REMOTO

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Computação*.

Orientador: Bruno Müller Junior.

CURITIBA PR

2025

# Ficha catalográfica

Substituir o arquivo `0-iniciais/catalografica.pdf` pela ficha catalográfica fornecida pela Biblioteca da UFPR (PDF em formato A4).

**Instruções para obter a ficha catalográfica e fazer o depósito legal da tese/dissertação (contribuição de André Hochuli, abril 2019. Links atualizados Wellton Costa, Nov 2022):**

1. Estas instruções se aplicam a dissertações de mestrado e teses de doutorado. Trabalhos de conclusão de curso de graduação e textos de qualificação não precisam segui-las.
2. Verificar se está usando a versão mais recente do modelo do PPGInf e atualizar, se for necessário (<https://gitlab.c3sl.ufpr.br/maziero/tese>).
3. conferir o *checklist* de formato do Sistema de Bibliotecas da UFPR, em <https://bibliotecas.ufpr.br/servicos/normalizacao/>
4. Enviar e-mail para "referencia.bct@ufpr.br" com o arquivo PDF da dissertação/tese, solicitando a respectiva ficha catalográfica.
5. Ao receber a ficha, inseri-la em seu documento (substituir o arquivo `0-iniciais/catalografica.pdf` do diretório do modelo).
6. Emitir a Certidão Negativa (CND) de débito junto a biblioteca, em <https://bibliotecas.ufpr.br/servicos/certidao-negativa/>
7. Avisar a secretaria do PPGInf que você está pronto para o depósito. Eles irão mudar sua titulação no SIGA, o que irá liberar uma opção no SIGA pra você fazer o depósito legal.
8. Acesse o SIGA (<http://www.prppg.ufpr.br/siga>) e preencha com cuidado os dados solicitados para o depósito da tese.
9. Aguarde a confirmação da Biblioteca.
10. Após a aprovação do pedido, informe a secretaria do PPGInf que a dissertação/tese foi depositada pela biblioteca. Será então liberado no SIGA um link para a confirmação dos dados para a emissão do diploma.

# Ficha de aprovação

Substituir o arquivo 0-iniciais/aprovacao.pdf pela ficha de aprovação fornecida pela secretaria do programa, em formato PDF A4.

*"I see now that the circumstances of one's birth are irrelevant. It is what you do with the gift of life that determines who you are."*

— *Mewtwo*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Bruno Müller Jr., meu orientador, por ter me emprestado de sua vasta experiência e por ter me guiado com maestria em como escrever um artigo científico. Sinto-me verdadeiramente honrado por ter sido orientado por ele em seu último ano como docente, antes de sua merecida aposentadoria. Sua dedicação e conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu psicólogo Bruno Carvalho, agradeço por ter sido "coagido" a ler meus rascunhos durante nossas sessões e, mesmo assim, ter me oferecido dicas valiosas que contribuíram para o aprimoramento deste texto. Seu olhar diferenciado e apoio foram essenciais durante este processo.

À minha mãe, agradeço por sempre ter insistido na importância de ter uma educação superior. Sua determinação e incentivo foram a base que me permitiu chegar até aqui.

A todos os participantes que aceitaram o convite para o experimento realizado nesta pesquisa, minha sincera gratidão. Sem sua colaboração, este trabalho não teria sido possível.

## RESUMO

Esta monografia investiga o uso de *bots* como facilitadores de interações naturais em ambientes virtuais de ensino, visando viabilizar metodologias ativas no contexto remoto. O estudo é embasado da premissa de que a ausência de interações presenciais pode comprometer a eficácia de abordagens pedagógicas centradas no aluno. É explorado a definição e componentes de *bots*, suas aplicações educacionais e destaca três princípios fundamentais para interações mediadas: comunicação multidirecional, engajamento ativo e adaptação contextual. O trabalho apresenta o desenvolvimento de um *bot* educacional integrado ao Discord, plataforma escolhida por suas características que emulam um ambiente interativo, incluindo um *dashboard* exclusivo para professores que permite controle pedagógico não-invasivo e implementa recursos como *feedback* em tempo real, atividades colaborativas e ferramentas para aprendizagem baseada em problemas. A implementação técnica utiliza a biblioteca Concord em C, desenvolvida pelo autor, com arquitetura modular que gerencia publicação de conteúdo, interações, análise de dados e persistência. A prova de conceito demonstra funcionalidades como publicação estruturada, mecanismos de *feedback* rápido e coleta anônima de dúvidas. É proposto uma metodologia de avaliação baseada em questionários e entrevistas para mensurar engajamento, impacto pedagógico, usabilidade e viabilidade de implementação de metodologias ativas. Se conclui que *bots* educacionais podem efetivamente aproximar o ambiente virtual da espontaneidade das interações presenciais, elemento fundamental para o sucesso das metodologias ativas no ensino remoto.

Palavras-chave: *Bots* educacionais. Metodologias ativas. Ensino remoto. Interações mediadas. *Feedback* em tempo real.

## **ABSTRACT**

This undergraduate thesis investigates the use of bots as facilitators of natural interactions in virtual learning environments, aiming to enable active methodologies in remote teaching contexts. The study is based on the premise that the absence of face-to-face interactions can compromise the effectiveness of student-centered pedagogical approaches. It explores the definition and components of bots, their educational applications, and highlights three fundamental principles for mediated interactions: multidirectional communication, active engagement, and contextual adaptation. The work presents the development of an educational bot integrated with Discord, a platform chosen for its features that emulate an interactive environment, including an exclusive dashboard for teachers that allows non-invasive pedagogical control and implements resources such as real-time feedback, collaborative activities, and tools for problem-based learning. The technical implementation uses the Concord library in C, developed by the author, with a modular architecture that manages content publication, interactions, data analysis, and persistence. The proof of concept demonstrates functionalities such as structured publication, quick feedback mechanisms, and anonymous question collection. It is proposed an evaluation methodology based on questionnaires and interviews to measure engagement, pedagogical impact, usability, and feasibility of implementing active methodologies. It is concluded that educational bots can effectively bring the virtual environment closer to the spontaneity of face-to-face interactions, a fundamental element for the success of active methodologies in remote teaching.

**Keywords:** Educational bots. Active methodologies. Remote teaching. Mediated interactions. Real-time feedback.



## LISTA DE FIGURAS

2.1	Arquitetura de um <i>chatbot</i> segundo Huang et al. [1]. . . . .	18
2.2	Relação entre o <i>bot</i> educacional e o <i>dashboard</i> de controle pedagógico. . . . .	22
3.1	Fluxo de interações no ambiente educacional virtual mediado pelo <i>bot</i> . A figura mostra um diagrama com o professor à esquerda, o <i>dashboard</i> do professor como interface de controle, o <i>bot</i> educacional ao centro, e os alunos à direita, ilustrando os fluxos de comunicação: (a) professor controlando a aula via <i>dashboard</i> , (b) <i>dashboard</i> enviando comandos ao <i>bot</i> , (c) <i>bot</i> processando e disponibilizando o material para os alunos, (d) alunos interagindo com o conteúdo, (e) <i>bot</i> coletando <i>feedback</i> dos alunos, e (f) <i>bot</i> fornecendo análises em tempo real ao professor através do <i>dashboard</i> . . . . .	24
4.1	Arquitetura do <i>bot</i> educacional, mostrando os principais módulos e a comunicação com o <i>dashboard</i> do professor. . . . .	34
4.2	Visão geral do <i>dashboard</i> do professor, mostrando as principais funcionalidades e a integração com o <i>bot</i> educacional. . . . .	35
4.3	Exemplo de discussão iniciada pelo professor, mostrando como o conteúdo é apresentado aos alunos no Discord. . . . .	36
4.4	Reações dos alunos em uma discussão ativa, demonstrando o mecanismo de <i>feedback</i> rápido através de emojis. . . . .	37
4.5	Comando <b>/ask</b> sendo utilizado por um aluno para enviar uma pergunta anônima ao professor. . . . .	37
4.6	Modal de texto do comando <b>/ask</b> , mostrando a interface para envio de perguntas com opção de anonimato. . . . .	37
4.7	Visão do professor no <i>dashboard</i> ao receber uma pergunta anônima de um aluno através do comando <b>/ask</b> . . . . .	38
4.8	Sistema de alertas do <i>dashboard</i> , mostrando notificações em tempo real sobre eventos críticos da aula. . . . .	38
4.9	Interface do gerenciador de atividades - Parte 1: Criação e configuração de atividades interativas. . . . .	39
4.10	Interface do gerenciador de atividades - Parte 2: Monitoramento e controle de atividades em tempo real. . . . .	39
4.11	Agregação visual de reações dos alunos, permitindo ao professor visualizar o <i>feedback</i> coletivo em tempo real. . . . .	39
4.12	Relatórios pós-aula - Parte 1: Métricas de participação e estatísticas gerais da sessão. . . . .	40
4.13	Relatórios pós-aula - Parte 2: Timeline cronológica das interações e detalhamento das atividades. . . . .	40

4.14	Distribuição das respostas sobre facilidade de uso do <i>bot</i> e dashboard. O gráfico superior mostra a distribuição dos papéis dos participantes (aluno, professor, ambos), enquanto o gráfico inferior apresenta a avaliação da facilidade de uso do <i>bot</i> . . . . .	44
4.15	Avaliação da facilidade de uso do dashboard do professor. O gráfico superior mostra a percepção sobre como o <i>bot</i> ajudou na compreensão do conteúdo, enquanto o gráfico inferior apresenta a avaliação da facilidade de uso do dashboard.45	
4.16	Avaliação da eficácia pedagógica. O gráfico superior mostra se o dashboard ajudou no monitoramento das atividades, o gráfico do meio apresenta a experiência prévia dos participantes com EAD, e o gráfico inferior indica a satisfação com EAD antes do experimento.. . . .	46
4.17	Funcionalidades utilizadas e impacto na carga de trabalho e interatividade. O gráfico superior mostra as funcionalidades mais utilizadas durante o experimento, o gráfico do meio apresenta a percepção sobre redução da carga na aula, e o gráfico inferior indica como o <i>bot</i> tornou a aula mais interativa.. . . .	47
4.18	Aceitação e adoção da tecnologia. O gráfico superior mostra como o <i>bot</i> facilitou a comunicação, o gráfico do meio apresenta a percepção sobre redução da sensação de isolamento, e o gráfico inferior indica a disposição para usar a ferramenta em mais aulas. . . . .	48
A.1	(Parte 1) "O que mais gostou? - Comentários dos participantes sobre os aspectos mais valorizados da ferramenta. . . . .	57
A.2	(Parte 2) "O que mais gostou? - Comentários dos participantes sobre os aspectos mais valorizados da ferramenta. . . . .	58
A.3	(Parte 1) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes. . . . .	58
A.4	(Parte 2) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes. . . . .	59
A.5	(Parte 3) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes. . . . .	59

## LISTA DE TABELAS

2.1	Classificação de <i>bots</i> segundo propósito e funcionalidade . . . . .	19
4.1	Dimensões e métricas para avaliação da eficácia do <i>bot</i> . . . . .	43

## LISTA DE ACRÔNIMOS

UI	<i>User Interface</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
NLU	<i>Natural Language Understanding</i>
DM	<i>Dialogue Manager</i>
RG	<i>Response Generation</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
IHC	Interação Humano-Computador
MOOCs	<i>Massive Open Online Courses</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
DINF	Departamento de Informática
UFPR	Universidade Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>13</b>
1.1	CONTEXTO . . . . .	13
1.2	MOTIVAÇÃO. . . . .	13
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO. . . . .	14
1.4	METODOLOGIA. . . . .	14
1.4.1	Revisão Bibliográfica . . . . .	14
1.4.2	Desenvolvimento da Solução . . . . .	15
1.4.3	Validação Experimental. . . . .	15
1.4.4	Análise de Resultados. . . . .	15
1.5	CONTRIBUIÇÕES . . . . .	15
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO . . . . .	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>17</b>
2.1	DEFINIÇÃO E COMPONENTES DE <i>BOTS</i> . . . . .	17
2.2	CLASSIFICAÇÕES DE <i>BOTS</i> . . . . .	18
2.3	<i>BOTS</i> NO CONTEXTO EDUCACIONAL. . . . .	19
2.3.1	Desafios do Ensino Remoto. . . . .	20
2.3.2	Interação Humano-Computador na Educação . . . . .	20
2.3.3	Princípios para Interação Mediada por <i>Bots</i> na Educação . . . . .	20
2.3.4	<i>Dashboards</i> como Ferramenta de Controle Pedagógico . . . . .	21
2.4	FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE <i>BOTS</i> NO DISCORD. . . . .	22
2.5	TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .	23
<b>3</b>	<b><i>BOT</i> EDUCACIONAL PARA USO EM METODOLOGIAS ATIVAS EM AMBIENTES VIRTUAIS. . . . .</b>	<b>24</b>
3.1	VISÃO CONCEITUAL DA APLICAÇÃO . . . . .	24
3.2	INTEGRAÇÃO COM O AMBIENTE EDUCACIONAL . . . . .	24
3.2.1	<i>Dashboard</i> do Professor . . . . .	25
3.3	RECURSOS PARA PROMOÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS . . . . .	25
3.3.1	Mecanismos de Retorno Imediato . . . . .	25
3.3.2	Funcionalidades para Resolução de Problemas. . . . .	26
3.4	EXEMPLO PRÁTICO: AULA DE COMANDOS DE REPETIÇÃO . . . . .	27
3.4.1	Preparação da Aula . . . . .	27
3.4.2	Interação Durante a Aula . . . . .	28

<b>4</b>	<b>PROVA DE CONCEITO: BOT PARA INTERAÇÃO EDUCACIONAL . . .</b>	<b>33</b>
4.1	CONTEXTO DA INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO EM AMBIENTES REMOTOS . . . . .	33
4.2	IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA . . . . .	33
4.2.1	Arquitetura do <i>Bot</i> . . . . .	34
4.2.2	Implementação do <i>Dashboard</i> . . . . .	34
4.2.3	Integração Técnica . . . . .	35
4.3	FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS . . . . .	36
4.3.1	Funcionalidades do <i>Bot</i> no Discord. . . . .	36
4.3.2	Funcionalidades do <i>Dashboard</i> do Professor. . . . .	38
4.3.3	Comandos Implementados e Cenários de Uso . . . . .	41
4.4	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO. . . . .	42
4.4.1	Desenho Experimental . . . . .	42
4.4.2	Ambiente e Participantes . . . . .	42
4.4.3	Coleta de Dados. . . . .	42
4.4.4	Dimensões de Avaliação e Métricas Utilizadas. . . . .	43
4.5	RESULTADOS ILUSTRATIVOS . . . . .	43
4.5.1	Dados Quantitativos. . . . .	44
4.5.2	Análise Qualitativa . . . . .	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>52</b>
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO. . . . .	52
5.2	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO . . . . .	53
5.3	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	53
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICE A – RESPOSTAS QUALITATIVAS DOS PARTICIPANTES .</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE B – REPOSITÓRIO DO CÓDIGO-FONTE . . . . .</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto e a motivação para o desenvolvimento de um *bot* educacional que facilite a implementação de metodologias ativas em ambientes de ensino remoto.

O capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 1.1 apresenta o contexto do ensino remoto e das metodologias ativas, estabelecendo a relevância das tecnologias interativas neste cenário, a Seção 1.2 discute a motivação de pesquisa, detalhando os desafios específicos do ensino remoto e a questão central investigada, a Seção 1.3 define os objetivos geral e específicos do trabalho, a Seção 1.4 descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento e validação da solução, a Seção 1.5 apresenta as principais contribuições esperadas do trabalho, e finalmente, a Seção 1.6 descreve a organização dos demais capítulos.

### 1.1 CONTEXTO

O ensino remoto tem se consolidado como uma alternativa viável para a disseminação do conhecimento, especialmente em cenários que exigem distanciamento social [2]. Esta modalidade de ensino, impulsionada por necessidades específicas e pelo avanço das tecnologias digitais, tornou-se uma realidade permanente na educação contemporânea, exigindo adaptações significativas nas práticas pedagógicas tradicionais.

As metodologias ativas de aprendizagem [3] representam uma abordagem educacional que coloca o aluno como protagonista do processo de aprendizagem, em contraste com o ensino tradicional onde o estudante assume um papel predominantemente passivo. Estas metodologias envolvem participação direta, reflexão contínua e engajamento prático do aluno na construção do conhecimento. No contexto presencial, técnicas como aprendizagem baseada em problemas [4], sala de aula invertida [5] e aprendizagem colaborativa [6] já demonstraram resultados positivos. No entanto, sua aplicação em ambientes remotos permanece um desafio significativo devido às limitações de interação natural entre os participantes [2].

A integração de tecnologias interativas no ambiente educacional virtual emerge como elemento essencial para superar os obstáculos do ensino remoto e viabilizar metodologias ativas neste contexto. Dentre essas ferramentas, destacam-se os *bots*, programas de computador capazes de simular interações humanas de forma automatizada e personalizada, que se apresentam como soluções capazes de recriar elementos de naturalidade na comunicação digital, aproximando o ambiente virtual da espontaneidade característica das interações presenciais [7].

### 1.2 MOTIVAÇÃO

O ensino remoto, apresenta desafios que limitam sua eficácia educacional. A ausência de interações presenciais pode levar a uma experiência educacional menos dinâmica e participativa, distanciando as práticas pedagógicas de uma comunicação natural e espontânea [2].

Em aulas remotas tradicionais, observa-se frequentemente um padrão de comunicação unidirecional, onde o professor transmite o conteúdo enquanto os alunos assumem postura predominantemente passiva [8]. As interações tendem a ser limitadas a momentos específicos, como sessões de perguntas ao final da aula, ou através de canais assíncronos como *e-mails* e fóruns [2]. Este modelo apresenta barreiras significativas à implementação de metodologias ativas, que dependem de ciclos rápidos de *feedback* e participação constante dos estudantes [3].

A pesquisa parte da observação que os *bots* podem atuar como pontes tecnológicas que diminuam a distância comunicativa entre participantes em ambientes virtuais, promovendo um fluxo mais natural e espontâneo de interações entre professores e alunos, sem que isso represente uma sobrecarga adicional para os docentes. [7, 9, 10]

A questão de pesquisa central deste trabalho é: *Como um bot educacional pode facilitar a implementação de metodologias ativas em ambientes de ensino remoto, promovendo interações naturais entre professores e alunos?*

### 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Com base na motivação apresentada, este trabalho tem como objetivo geral **desenvolver e avaliar um bot educacional assistivo e conversacional** para plataformas de colaboração, que facilite a implementação de metodologias ativas em ambientes de ensino remoto [3, 7].

Os objetivos específicos são:

1. **Desenvolver um bot educacional** que incorpore os três princípios fundamentais para interação mediada: comunicação multidirecional, engajamento ativo e adaptação contextual [11].
2. **Implementar funcionalidades específicas** que abordem diretamente os desafios do ensino remoto [2], com foco especial em manter o engajamento dos alunos, facilitar o *feedback* imediato e promover interações sociais significativas em ambientes virtuais [12].
3. **Proporcionar uma integração não-invasiva** da ferramenta ao fluxo de trabalho docente, aplicando os princípios de *design* centrado no usuário [13, 14] e minimizando a carga cognitiva adicional [15].
4. **Criar uma prova de conceito funcional** utilizando tecnologias adequadas ao contexto educacional, considerando aspectos de eficiência, portabilidade e manutenção [16].
5. **Estabelecer uma metodologia de avaliação experimental** com participantes reais assumindo os papéis de professor e alunos, onde o professor utiliza o *dashboard* de controle [17] enquanto os alunos interagem com o *bot* em um ambiente de sala de aula simulado, permitindo mensurar a eficácia da solução em situações próximas ao uso real, combinando métricas quantitativas e qualitativas.

### 1.4 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, este trabalho adota uma abordagem metodológica que combina desenvolvimento tecnológico com validação experimental. A metodologia está estruturada em quatro etapas principais: revisão bibliográfica, desenvolvimento da solução, validação experimental e análise de resultados.

#### 1.4.1 Revisão Bibliográfica

Realização de uma revisão sistemática da literatura sobre *bots* educacionais, metodologias ativas em ambientes virtuais, e tecnologias para desenvolvimento de sistemas interativos. Esta etapa visa estabelecer o referencial teórico necessário para fundamentar as escolhas técnicas e pedagógicas do trabalho.



#### 1.4.2 Desenvolvimento da Solução

O desenvolvimento da solução é baseado na escolha da plataforma Discord, adequada ao caráter exploratório deste trabalho por suas características técnicas que emulam eficientemente um ambiente de ensino interativo. A plataforma oferece recursos essenciais para metodologias ativas: suporte nativo a videoconferência e *chat* simultâneo (permitindo comunicação multidirecional), sistema de reações com emojis para *feedback* rápido, funcionalidades de compartilhamento de conteúdo com formatação rica, capacidade de criação de enquetes e atividades interativas, e *API* robusta para integração de *bots* personalizados. Esta escolha permite uma avaliação inicial dos conceitos propostos em um ambiente controlado e familiar aos participantes.

O desenvolvimento técnico utiliza a biblioteca Concord em C [18], aproveitando suas vantagens em termos de controle granular sobre a *API* do Discord. A arquitetura do sistema é composta por dois componentes principais: o *bot* educacional responsável pela interação direta com os alunos, e o *dashboard* exclusivo para o professor, que permite controlar e monitorar as atividades do *bot*, visualizar métricas de engajamento e adaptar as estratégias pedagógicas em tempo real.

#### 1.4.3 Validação Experimental

A validação da solução é realizada através de um experimento controlado com participantes reais assumindo os papéis de professor e alunos. O experimento conta com 10 participantes (8 da área da informática e 2 da área de humanas), totalizando 20 sessões individuais, onde cada participante atua uma vez como aluno e uma vez como professor. O experimento simula um ambiente de sala de aula remota onde o professor utiliza o *dashboard* de controle enquanto os alunos interagem com o *bot* durante uma sessão educacional.

A eficácia da ferramenta é avaliada em (1) engajamento dos alunos, (2) eficácia pedagógica, (3) usabilidade da ferramenta e (4) aceitação da tecnologia.

#### 1.4.4 Análise de Resultados

Os dados são coletados através do preenchimento de questionários e comentários livres pelos participantes, a fim de avaliar aspectos quantitativos e qualitativos, respectivamente. Dessa maneira a análise busca identificar padrões recorrentes nas respostas, fornecendo insights sobre a eficácia da solução proposta e direcionamentos para futuras melhorias.

### 1.5 CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho se diferencia dos esforços anteriores por seu foco específico em facilitar metodologias ativas em ambientes remotos [3–6], com ênfase na integração não-invasiva à prática docente e sua metodologia de avaliação que simula condições reais de uso. Enquanto outros trabalhos têm explorado *bots* para responder dúvidas ou fornecer *feedback* automatizado [9, 19, 20], esta proposta busca transformar a própria dinâmica de interação durante as aulas síncronas, com uma avaliação sistemática em um ambiente controlado.

As principais contribuições esperadas incluem a proposição de um **modelo conceitual** de interação mediada por *bots* para ambientes educacionais remotos, fundamentado nos princípios de comunicação multidirecional, engajamento ativo e adaptação contextual. Além disso, o trabalho oferece uma **implementação prática** através do desenvolvimento de uma solução funcional que demonstra a viabilidade técnica da abordagem, integrando um *bot* educacional com um *dashboard* de controle para professores. A **validação experimental** estabelece uma

metodologia de avaliação robusta que pode ser replicada em outros contextos educacionais, fornecendo diretrizes para futuras pesquisas na área. Por fim, o estudo contribui com **insights pedagógicos** importantes sobre os fatores que influenciam a eficácia de *bots* educacionais na promoção de metodologias ativas, oferecendo uma compreensão aprofundada dos desafios e oportunidades dessa abordagem tecnológica no contexto educacional.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, abordando conceitos fundamentais sobre *bots*, interações naturais e metodologias ativas em ambientes virtuais; o Capítulo 3 descreve a concepção e implementação do *bot* educacional proposto, com foco nas funcionalidades que promovem interações naturais; o Capítulo 4 detalha a prova de conceito e analisa os resultados obtidos no ambiente educacional remoto; e o Capítulo 5 apresenta a conclusão com análise dos resultados, limitações do estudo e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre *bots*, seu uso em contextos educacionais e as tecnologias relacionadas ao seu desenvolvimento, estabelecendo as bases conceituais para este trabalho.

O Capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 2.1 apresenta a definição e os componentes de *bots*, a Seção 2.2 discute as classificações de *bots*, a Seção 2.3 aborda os *bots* no contexto educacional, incluindo os desafios do ensino remoto e aspectos de interação humano-computador na educação, a Seção 2.4 analisa bibliotecas e tecnologias para desenvolvimento de *bots*, e finalmente, a Seção 2.5 apresenta trabalhos relacionados, estabelecendo as bases conceituais para este trabalho.

### 2.1 DEFINIÇÃO E COMPONENTES DE *BOTS*

*Bots* são programas automatizados projetados para interagir com usuários ou sistemas, realizando tarefas específicas com diferentes níveis de autonomia. *Bots* podem ser definidos como “aplicações que combinam uma interface conversacional com a capacidade de executar tarefas específicas para o usuário” [21], ou também “uma aplicação que realiza certas tarefas repetitivas de maneira mais rápida que o ser humano” [22].

A arquitetura de um *bot* é descrita de diferentes maneiras na literatura, mas geralmente envolve um conjunto de componentes essenciais que trabalham juntos para processar a entrada do usuário, gerenciar o diálogo e gerar respostas apropriadas. Uma estrutura comum inclui como elementos principais (1) interface do usuário, (2) compreensão de linguagem natural, (3) gerenciador de diálogo, (4) integração com backend, e por fim (5) geração de linguagem natural [1]:

1. **Interface do Usuário (*User Interface - UI*):** Este é o ponto de contato entre o usuário e o *bot*. A *UI* é responsável por receber a entrada do usuário (texto, voz, cliques em elementos gráficos) e apresentar as respostas do *bot* de forma compreensível. Pode variar desde simples janelas de *chat* baseadas em texto até interfaces de voz sofisticadas ou *GUIs* interativas.
2. **Compreensão de Linguagem Natural (*Natural Language Understanding - NLU*):** Este componente é crucial para interpretar a entrada do usuário em linguagem natural. Ele analisa o texto ou a fala para identificar a intenção do usuário (o que o usuário quer fazer) e extrair informações relevantes, conhecidas como entidades (por exemplo, datas, locais, nomes). O *NLU* transforma a entrada não estruturada do usuário em dados estruturados que o *bot* pode processar.
3. **Gerenciador de Diálogo (*Dialogue Manager - DM*):** O *DM* mantém o estado do diálogo (o contexto da conversa), rastreia o histórico de interações e decide qual ação tomar a seguir com base na intenção identificada pelo *NLU* e nas regras de negócio ou na lógica conversacional definida. Isso pode envolver fazer perguntas de esclarecimento, acessar a base de conhecimento, chamar uma *API* externa ou gerar uma resposta. O *DM* pode ser implementado usando abordagens baseadas em regras ou modelos de aprendizado de máquina mais complexos.

4. **Integração com Backend e Base de Conhecimento (*Backend Integration & Knowledge Base*):** Para realizar tarefas úteis e fornecer informações precisas, os *chatbots* frequentemente precisam interagir com sistemas externos e acessar dados. A integração com o *backend* permite que o *bot* se conecte a *APIs*, bancos de dados, sistemas de *CRM*, ou outras fontes de informação e serviços. Essa base de conhecimento pode incluir conhecimento estático (pré-programado), conhecimento dinâmico (acessado em tempo real via *APIs*), conhecimento contextual (histórico do usuário) e até conhecimento colaborativo (gerado pelo usuário). É importante a integração com o *backend* para acessar essas informações e executar ações.
5. **Geração de Resposta (*Response Generation - RG*):** Uma vez que o Gerenciador de Diálogo decide a resposta a ser dada, o componente *RG* a transforma em linguagem natural (texto ou fala) para ser apresentada ao usuário através da Interface do Usuário. A complexidade do *RG* pode variar desde o uso de modelos de resposta pré-definidos até a geração dinâmica de sentenças complexas.

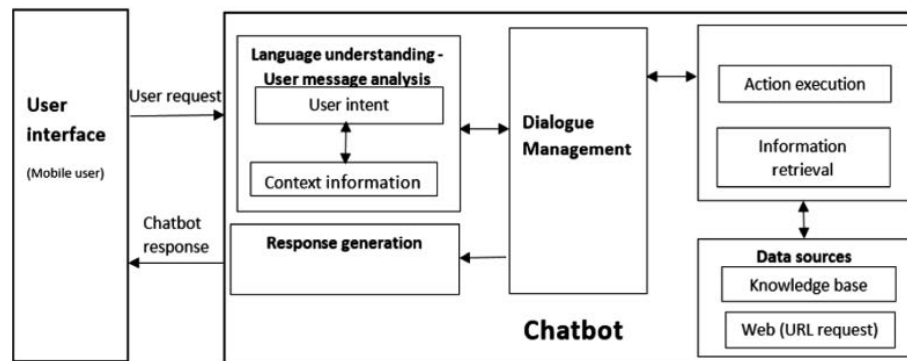


Figura 2.1: Arquitetura de um *chatbot* segundo Huang et al. [1].

## 2.2 CLASSIFICAÇÕES DE BOTS

Existem diversas formas de classificar *bots*, dependendo de suas características, funcionalidades e aplicações. Os *bots* podem ser classificados de acordo com seu propósito principal [23], ou de acordo com a sua funcionalidade primária [11].

<b>Propósito</b> [23]	<b>Descrição</b>
<i>Bots</i> generalistas	Executam uma ampla variedade de tarefas, como responder perguntas gerais e executar comandos simples.
<i>Bots</i> transacionais	Realizam transações com sistemas externos, como <i>bots</i> bancários ou de compras.
<i>Bots</i> informacionais	Fornecem informações e respondem perguntas específicas dos usuários.
<i>Bots</i> de produtividade	Automatizam tarefas repetitivas, como lembretes ou agendamentos.
<i>Bots</i> de colaboração	Facilitam a interação e colaboração entre usuários, geralmente em ambientes de comunicação.
<b>Funcionalidade</b> [11]	<b>Descrição</b>
Tarefas administrativas	Auxiliam na organização de atividades, como agendar reuniões e gerenciar compromissos.
Entretenimento	Proporcionam atividades lúdicas, como jogos ou interações divertidas.
Funcionalidade e qualidade	Aumentam a eficiência de serviços, como <i>bots</i> de suporte técnico ou de coleta de <i>feedback</i> .
Comunidade	Moderam e gerenciam interações em comunidades <i>online</i> .
Arquivadores	Organizam e recuperam informações, como documentos e registros de mensagens.

Tabela 2.1: Classificação de *bots* segundo propósito e funcionalidade

Este trabalho concentra-se em *bots* do tipo “produtividade” e “colaboração” como propósito, e “funcionalidade e qualidade” como funcionalidade. O foco é a sua aplicação dentro do contexto educacional, onde eles podem atuar como assistentes virtuais que facilitam a interação entre alunos e professores, a fim de promover um ambiente remoto de aprendizagem mais dinâmico e interativo.

### 2.3 BOTS NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Na educação, os *bots* têm sido utilizados para diversos propósitos, desde fornecer suporte administrativo até oferecer experiências de aprendizado personalizadas. Os *bots* educacionais podem transformar a experiência de aprendizagem ao oferecer suporte contínuo e personalizado que seria impraticável para um professor humano fornecer a todos os alunos simultaneamente [10].

Estudos recentes têm explorado aplicações educacionais específicas de *bots*. Por exemplo, o uso de *chatbots* para melhorar a retenção de conhecimento em estudantes universitários [7], e aumentar o engajamento em cursos *online* abertos e massivos (*MOOCs*) [12].

De uma maneira geral, *bots* educacionais são particularmente eficazes quando (1) fornecem *feedback* imediato aos alunos, (2) oferecem disponibilidade contínua para assistência, (3) personalizam a experiência de aprendizado, (4) reduzem a carga cognitiva dos instrutores e (5) permitem que os instrutores se concentrem em atividades pedagógicas e interativas [24].

A seguir, exploramos quatro dimensões importantes relacionadas ao uso de *bots* educacionais: a Seção 2.3.1 apresenta os desafios específicos do ensino remoto que podem ser mitigados por essas ferramentas, a Seção 2.3.2 discute os princípios de interação humano-

computador relevantes para o *design* de *bots* educacionais eficazes, a Seção 2.3.3 delinea os princípios fundamentais para a interação mediada por *bots* na educação, e finalmente, a Seção 2.3.4 analisa o papel dos *dashboards* como ferramentas de controle pedagógico.

### 2.3.1 Desafios do Ensino Remoto

O ensino remoto apresenta desafios únicos que podem ser parcialmente mitigados pelo uso de tecnologias interativas como *bots*. Aqui se faz distinção entre “ensino remoto emergencial” e educação *online* planejada, destacando que muitas instituições foram forçadas a adotar o primeiro modelo durante a pandemia de COVID-19, sem tempo adequado para planejamento [2, 8].

Entre os principais desafios identificados estão [2]:

- Limitações tecnológicas e acesso desigual
- Competências digitais insuficientes de professores e alunos
- Falta de estrutura para avaliação eficaz
- Dificuldade em manter o engajamento dos alunos
- Ausência de interação social e senso de comunidade

Tecnologias como *bots* podem preencher algumas dessas lacunas ao proporcionar uma interface natural e contínua entre os participantes do processo educacional, oferecendo um canal adicional de comunicação e suporte tanto para alunos quanto para professores [9].

### 2.3.2 Interação Humano-Computador na Educação

Estudos em IHC destacam a importância de sistemas que se ajustem ao comportamento e às necessidades dos usuários [13]. Na educação, isso implica em promover interfaces que permitam participação ativa, acessibilidade e adaptabilidade aos estilos de aprendizagem dos alunos.

Norman [14] enfatiza o conceito de *design* centrado no usuário, onde a tecnologia deve se adaptar às necessidades humanas e não o contrário. Aplicado ao contexto educacional, este princípio sugere que os *bots* devem ser projetados considerando as necessidades pedagógicas específicas e as limitações cognitivas dos alunos.

*Bots* educacionais se encaixam nesse contexto por serem acessíveis e flexíveis na forma de interação. Interfaces conversacionais podem reduzir a carga cognitiva associada à navegação em sistemas educacionais complexos, permitindo que os alunos se concentrem no conteúdo do aprendizado em vez de na interface [15].

### 2.3.3 Princípios para Interação Mediada por *Bots* na Educação

Com base na literatura sobre *bots* educacionais e metodologias ativas, surgem três princípios fundamentais emergem como pilares para o *design* de interações eficazes mediadas por *bots* em ambientes educacionais:

1. **Comunicação multidirecional:** Um *bot* educacional eficaz não deve apenas transmitir informações do professor para os alunos, mas também facilitar o retorno dos alunos para o professor, criando um ciclo contínuo de *feedback*. Esse princípio alinha-se com a concepção de aprendizagem dialógica [25], onde o conhecimento é construído através da interação bidirecional entre educador e educando.

2. **Engajamento ativo:** Através de mecânicas interativas, o *bot* deve estimular constantemente a participação dos alunos, transformando-os de receptores passivos a agentes ativos no processo de aprendizagem. Este princípio está fundamentado nas teorias construtivistas de aprendizagem [26], que enfatizam a importância da experiência prática e da participação na construção do conhecimento.
3. **Adaptação contextual:** O sistema deve se ajustar ao ritmo da aula e às necessidades específicas da disciplina, oferecendo diferentes modos de interação conforme o momento pedagógico. Tecnologias educacionais eficazes devem ser flexíveis o suficiente para se adaptarem a diferentes contextos pedagógicos e estilos de aprendizagem [9].

Estes princípios fornecem uma base teórica para o *design* de *bots* educacionais que efetivamente aprimoram o processo de aprendizagem, especialmente em contextos de metodologias ativas onde a participação e o engajamento dos alunos são essenciais.

#### 2.3.4 *Dashboards* como Ferramenta de Controle Pedagógico

Um elemento crucial no *design* de *bots* educacionais é a interface de controle que permite aos educadores gerenciar o fluxo das interações. Os *dashboards* pedagógicos surgem como uma solução para esta necessidade, oferecendo uma visão consolidada das atividades e permitindo intervenções em tempo real sem interromper o fluxo da aula [17].

*Dashboards* de aprendizagem são “*displays* únicos que agregam diferentes indicadores sobre aprendiz, atividades de aprendizagem e/ou contexto de aprendizagem em uma ou múltiplas visualizações” [17]. No contexto de *bots* educacionais, estes *dashboards* evoluem para se tornarem não apenas ferramentas de visualização, mas interfaces de comando que permitem aos professores:

1. **Orquestrar atividades:** Iniciar e controlar sequências de aprendizagem sem necessidade de inserir comandos em *chats* públicos
2. **Monitorar em tempo real:** Visualizar métricas de engajamento e compreensão durante a aula
3. **Receber alertas:** Ser notificado sobre padrões que exijam intervenção pedagógica
4. **Personalizar interações:** Adaptar atividades com base nas necessidades observadas
5. **Analisar resultados:** Obter relatórios detalhados após as sessões

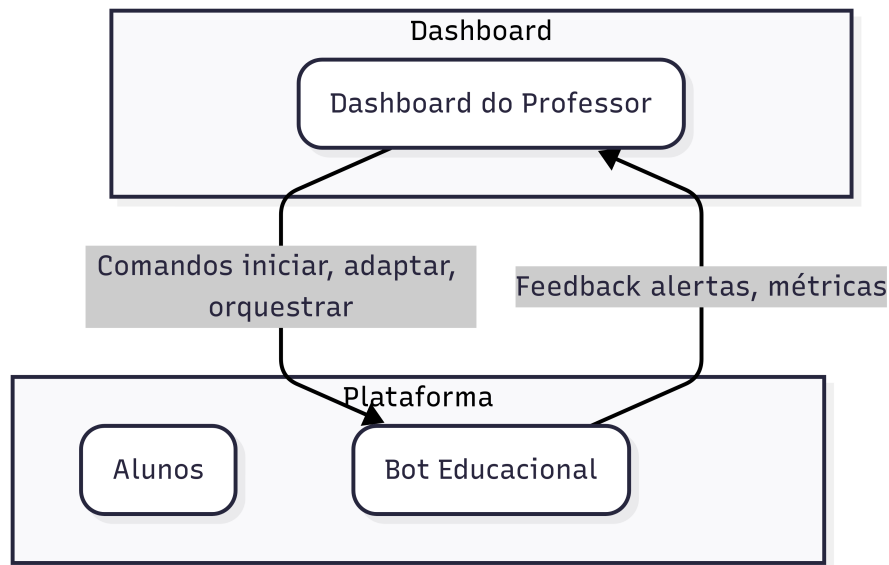


Figura 2.2: Relação entre o *bot* educacional e o *dashboard* de controle pedagógico.

Esta abordagem separa claramente o canal de comando (*dashboard*, visível apenas para o professor) do canal de interação (plataforma de comunicação, visível para todos os participantes), seguindo o princípio de “separação de interesses” [1] como essencial para ambientes de aprendizagem tecnologicamente mediados. A eficácia desse modelo de interação será avaliada em experimentos controlados, onde participantes assumirão papéis de professor e alunos, interagindo em um ambiente de sala de aula simulado.

## 2.4 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE *BOTS* NO DISCORD

Existem várias plataformas que permitem desenvolver *bots* educacionais, como por exemplo, no Moodle, que é uma plataforma de gestão de aprendizagem amplamente utilizada em ambientes educacionais [27], e também no Slack, que é uma plataforma de comunicação corporativa que também pode ser utilizada para fins educacionais [28]. Dentre destas escolhemos o Discord, uma plataforma de comunicação digital que apesar de ter sido originalmente desenvolvida para comunidades de jogos, apresenta as seguintes características que a tornam adequada para emular um ambiente educacional remoto [29]:

- **Comunicação em tempo real:** Permite interações síncronas e assíncronas
- **Canais temáticos:** Permitem organizar discussões por tópicos específicos
- **Transmissão de voz/vídeo:** Facilita aulas síncronas com interação audiovisual
- **Compartilhamento de tela:** Possibilita demonstrações práticas pelo professor
- **Sistema de reações:** Oferece mecanismo não-verbal para expressão de compreensão ou dúvidas
- **Persistência de mensagens:** Mantém o histórico de interações disponível para consulta posterior

Sendo assim, destacamos algumas bibliotecas específicas para desenvolvimento de *bots* na plataforma do Discord, cada uma com suas particularidades e casos de uso apropriados, (1) JavaScript/Node.js, (2) Python e (3) C.



1. **Discord.js**[30]: Uma biblioteca JavaScript/Node.js que oferece abstração de alto nível para interação com a *API* do Discord. É rica em recursos e possui uma comunidade ativa, sendo adequada para desenvolvedores que preferem desenvolvimento rápido.
2. **Discord.py**[31]: Equivalente ao Discord.js, mas para a linguagem Python. Oferece abstrações semelhantes e é amplamente utilizada para desenvolvimento de *bots* no Discord.
3. **Concord**[18]: Uma biblioteca em C que fornece acesso de baixo nível à *API* do Discord, desenvolvida pelo autor deste trabalho durante o período da pandemia de COVID-19, como um projeto *hobby*. Diferentemente das opções anteriores, a Concord prioriza desempenho e controle direto sobre a *API*, sendo apropriada para aplicações que demandam eficiência computacional e controle granular.

No contexto deste estudo, foi escolhida a biblioteca Concord, por sua implementação na linguagem C, que oferece um equilíbrio entre abstração e controle que a torna adequada para uma ampla gama de aplicações [16]. E também pela familiaridade do autor com a biblioteca, que facilita o desenvolvimento e a manutenção do *bot* educacional proposto.

Para estudos futuros, é importante considerar o uso de linguagens de mais alto nível como Python, JavaScript ou Go, que podem oferecer desenvolvimento mais rápido e maior facilidade de manutenção para equipes maiores, especialmente em projetos onde a curva de aprendizado reduzida seja prioritária em relação ao desempenho bruto. A linguagem de programação em contextos educacionais deve equilibrar considerações pedagógicas, praticidade de implementação e objetivos específicos do projeto [32].

## 2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Diversos pesquisadores têm explorado o uso de *bots* em contextos educacionais:

Hien et al. [19] desenvolveram um *bot* para suporte a alunos em um curso de programação, que respondia a dúvidas sobre conceitos e sintaxe. Os resultados mostraram uma redução no tempo de resposta para dúvidas comuns e um aumento na satisfação dos alunos com o suporte recebido.

Demetriadis et al. [20] implementaram um agente conversacional para auxiliar alunos em atividades colaborativas de resolução de problemas. O estudo demonstrou que grupos apoiados pelo *bot* apresentaram maior engajamento e melhores resultados de aprendizagem em comparação com grupos sem suporte automatizado.

Yin et al. [33] compararam o fornecimento de *feedback* formativo aos alunos por *chatbot* e professor. A avaliação indicou que alunos que receberam *feedback* regularmente do *chatbot* apresentaram maior interesse de aprendizagem, além de redução da carga cognitiva necessária para aprender conceitos complexos.

Um trabalho particularmente relevante é o de Winkler e Söllner [9], por propor diretrizes para o *design* de *chatbots* educacionais focados em metodologias ativas, destacando a importância de promover interações que estimulem o pensamento crítico e a reflexão.

Os próximos capítulos detalham a concepção e implementação do *bot* educacional proposto, bem como sua avaliação através da metodologia experimental com participantes em diferentes papéis, demonstrando como os conceitos teóricos discutidos neste capítulo se manifestam na prática educacional.

### 3 BOT EDUCACIONAL PARA USO EM METODOLOGIAS ATIVAS EM AMBIENTES VIRTUAIS

O Capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 3.1 apresenta a visão conceitual da aplicação e o modelo de interação proposto, a Seção 3.2 discute a integração do *bot* com o ambiente educacional e o *dashboard* do professor, a Seção 3.3 detalha os recursos específicos implementados para promoção de metodologias ativas, incluindo *feedback* em tempo real e aprendizagem baseada em problemas, e finalmente, a Seção 3.4 apresenta um exemplo prático completo de uso do sistema em uma de programação da disciplina CI1055 (Algoritmos e Estruturas de Dados I) do DINF da UFPR [34].

#### 3.1 VISÃO CONCEITUAL DA APLICAÇÃO

Como visto na Seção 4.4, o *bot* educacional foi projetado para atuar como uma ponte entre professor e alunos, promovendo trocas mais naturais de informações e *feedback*.

A Figura 3.1 a seguir ilustra o modelo conceitual de interação entre os participantes do processo educacional mediado pelo *bot*:

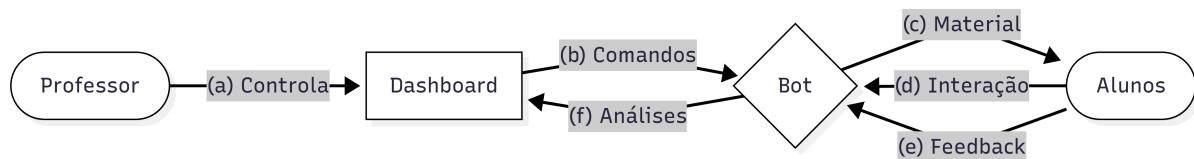


Figura 3.1: Fluxo de interações no ambiente educacional virtual mediado pelo *bot*. A figura mostra um diagrama com o professor à esquerda, o *dashboard* do professor como interface de controle, o *bot* educacional ao centro, e os alunos à direita, ilustrando os fluxos de comunicação: (a) professor controlando a aula via *dashboard*, (b) *dashboard* enviando comandos ao *bot*, (c) *bot* processando e disponibilizando o material para os alunos, (d) alunos interagindo com o conteúdo, (e) *bot* coletando *feedback* dos alunos, e (f) *bot* fornecendo análises em tempo real ao professor através do *dashboard*.

O modelo de interação implementado neste trabalho fundamenta-se nos três princípios para interação mediada por *bots* na educação discutidos na Seção 2.3.3: (1) comunicação multidirecional, (2) engajamento ativo e (3) adaptação contextual. Estes princípios nortearam todo o processo de *design* e desenvolvimento da solução, garantindo que o *bot* efetivamente contribua para a implementação de metodologias ativas no ambiente virtual.

#### 3.2 INTEGRAÇÃO COM O AMBIENTE EDUCACIONAL

O *bot* foi projetado para se integrar ao Discord, pelos motivos discutidos na Seção 2.4. A integração sutil com o ambiente educacional, refere-se à capacidade do *bot* de participar do processo educacional sem causar rupturas no fluxo natural da aula ou exigir mudanças drásticas nas práticas pedagógicas já estabelecidas. Essa sutileza manifesta-se em três dimensões, (1) presença não-intrusiva, (2) curva de aprendizado reduzida e (3) flexibilidade metodológica:

1. **Presença não-intrusiva:** O *bot* não interrompe a condução da aula, apenas complementa as atividades quando solicitado ou programado.

2. **Curva de aprendizado reduzida:** Professores e alunos não precisam dominar ferramentas complexas, pois as interações ocorrem através de comandos intuitivos e reações simples.
3. **Flexibilidade metodológica:** O sistema adapta-se a diferentes estilos de ensino, não impondo uma abordagem pedagógica específica.

Para materializar esta integração, o sistema também disponibiliza um *dashboard* específico para uso do professor, como visto em 2.3.4, que permite o controle da aula de forma centralizada e intuitiva, sem a necessidade de comandos complexos ou interrupções no fluxo de comunicação, como será detalhado na Seção 3.2.1.

### 3.2.1 *Dashboard* do Professor

Um elemento chave do sistema é o *dashboard* exclusivo para o professor, que permite controlar o fluxo da aula sem a necessidade de inserir comandos no *chat* principal. Este *dashboard* é apresentado como uma interface *web*, acessível apenas pelo professor, que se comunica com o *bot* em tempo real. Esta abordagem está diretamente alinhada com o objetivo de proporcionar uma integração não-invasiva ao fluxo de trabalho docente, conforme estabelecido na Seção 1.3 do Capítulo 2. Através dele, o professor pode:

- Visualizar estatísticas de engajamento dos alunos em tempo real
- Receber alertas sobre dúvidas e dificuldades dos alunos
- Lançar atividades interativas e acompanhar seu progresso
- Obter relatórios detalhados sobre o desempenho da turma
- Destacar respostas e discussões dos alunos para promover a colaboração

Esta abordagem permite que o professor mantenha o controle pedagógico da aula sem interrupções no fluxo da comunicação, enquanto os alunos interagem diretamente com o *bot* através de comandos e reações no ambiente do Discord.

## 3.3 RECURSOS PARA PROMOÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS

O *bot* implementa diversos recursos específicos para viabilizar metodologias ativas em ambiente remoto. Na Seção 3.3.1 são apresentados mecanismos de retorno imediato que permitem ao professor avaliar continuamente a compreensão dos alunos, e a Seção 3.3.2 trata das funcionalidades específicas para resolução de problemas que estimulam o raciocínio crítico e a aplicação prática de conceitos.

### 3.3.1 Mecanismos de Retorno Imediato

Um dos principais desafios do ensino remoto é perceber as reações dos alunos. O *bot* desenvolvido permite que os estudantes expressem sua compreensão ou dúvidas durante a explanação, sem interromper o fluxo da aula, através da implementação de (1) agregação visual de reações, (2) sistema de notificações, e (3) canal de comunicação anônima:

- **Agregação visual de reações:** Uma interface que coleta e exibe de forma consolidada as reações dos alunos sobre sua compreensão do conteúdo

- **Sistema de notificações inteligentes:** Alertas automáticos ao professor quando um número significativo de alunos indica não compreender um tópico
- **Canal de comunicação anônima:** Funcionalidade que permite aos alunos enviar questões sem exposição pública de sua identidade

A escolha dessas funcionalidades baseou-se na identificação de elementos que tornam uma conversa por texto interativa e natural. Em ambientes de mensagens instantâneas, observa-se que a interação fluida depende de mecanismos como reações rápidas (emojis), possibilidade de comunicação anônima e indicadores visuais de engajamento. Transportar esses aspectos para o ambiente educacional remoto visa recriar a naturalidade das interações presenciais, onde o professor consegue perceber expressões faciais, gestos e reações instantâneas dos alunos [1].

### 3.3.2 Funcionalidades para Resolução de Problemas

Inspirado nos princípios da “aprendizagem baseada em problemas” (vide Seção 1), foram desenvolvidas funcionalidades específicas que estimulam o raciocínio crítico e a resolução prática de situações-problema. Dentre os diversos elementos que poderiam ser implementados, foram selecionados os seguintes, priorizando simplicidade de implementação devido ao caráter exploratório deste trabalho:

- **Sistema de desafios com cronometragem:** Problemas apresentados com tempo definido para resolução, criando senso de urgência pedagógica
- **Mecanismo de orientação progressiva:** Sugestões e dicas que são liberadas gradualmente durante o processo de resolução, conforme a necessidade
- **Ambiente de execução remota:** Para disciplinas de programação, um sistema que permite compilação e execução de códigos submetidos pelos alunos
- **Compartilhamento pedagógico de soluções:** Funcionalidade que permite ao professor selecionar e compartilhar soluções dos alunos de forma anônima, promovendo aprendizado colaborativo sem exposição individual

A seleção dessas funcionalidades fundamentou-se na observação de como conversas por texto se tornam mais dinâmicas e envolventes. Elementos como desafios com tempo limitado simulam a urgência e foco das interações síncronas, enquanto dicas progressivas reproduzem o aspecto colaborativo de uma conversa onde informações são reveladas gradualmente conforme a necessidade. A execução imediata de código, por sua vez, proporciona tanto o *feedback* instantâneo característico de diálogos interativos quanto um espaço mais igualitário, onde alunos com recursos computacionais limitados conseguem executar código remotamente mesmo em máquinas menos potentes ou dispositivos móveis, eliminando barreiras técnicas que poderiam comprometer sua participação[2]. Por fim, o compartilhamento anônimo de soluções permite que diferentes abordagens sejam discutidas coletivamente, mantendo o aspecto pedagógico da aprendizagem colaborativa sem expor individualmente os alunos, reproduzindo o ambiente de discussão natural de uma sala de aula presencial.

### 3.4 EXEMPLO PRÁTICO: AULA DE COMANDOS DE REPETIÇÃO

Para ilustrar a aplicação concreta do *bot* em um contexto educacional real, apresentamos a seguir um cenário baseado em uma aula da disciplina CI1055 - Algoritmos e Estruturas de Dados I, ministrada no Departamento de Informática da UFPR [34]. O exemplo demonstra como o *bot* auxilia o professor durante uma aula sobre “Comandos de Repetição” em Pascal.

O cenário completo seguiu um fluxo de interação que exemplifica como as funcionalidades descritas nas seções anteriores se articulam na prática:

1. **Professor prepara material via *dashboard***, organizando conteúdo e atividades;
2. ***Bot* então publica conteúdo formatado no Discord**, iniciando a interação;
3. **Alunos começam a interagir com reações e comandos**, participando ativamente;
4. **Professor recebe *feedback* em tempo real**, adaptando a aula conforme necessário;
5. **Sistema gera relatório automático pós-aula**, fechando o ciclo pedagógico.

Nas próximas seções, detalharemos as etapas de preparação da aula pelo professor e as interações que ocorrem durante a sessão síncrona, evidenciando como os recursos do *bot* facilitam a implementação das metodologias ativas.

#### 3.4.1 Preparação da Aula

Antes da aula, o professor utiliza o *dashboard* para preparar o material didático:

```

1 [Dashboard do Professor]
2 > Criar Nova Aula Por Videoconferência
3 Título: "Comandos de Repetição em Pascal"
4 Código de Disciplina: "AED1-2024"
5 Descrição: "Introdução aos comandos de repetição em Pascal com foco no
   comando while"
6 Tópicos: "Loops", "Comando while", "Repetição", "Pascal"
7
8 > Adicionar Conteúdo
9 [Título] "Objetivos da aula"
10 [Conteúdo] "Introduzir conceitos de repetição, apresentar o comando while,
11             resolver exemplos práticos"
12
13 > Adicionar Conteúdo
14 [Título] "Exemplo inicial: imprimir números de 1 a 5"
15 [Conteúdo]
16 ```
17 program imprimir_de_1_a_5;
18 begin
19     writeln(1);
20     writeln(2);
21     writeln(3);
22     writeln(4);
23     writeln(5);
24 end.
25 ```
26 [Tipo] Código Pascal
27
28 > Configurar Quiz

```

```

29 [Pergunta] "Ao incrementar uma variável dentro de um loop while,
30     qual operação utilizamos em Pascal?"
31 [Opções]
32 - "i := i + 1" (CORRETA)
33 - "i++"
34 - "i += 1"
35 - "increment(i)"
36 [Tempo] 60 segundos

```

### 3.4.2 Interação Durante a Aula

Durante a aula síncrona, as seguintes interações ocorrem:

```

1  [Dashboard do Professor]
2  > Iniciar Aula "Comandos de Repetição em Pascal"
3  Sistema: Canal de videoconferência #AED1-2024 criado para a aula.
4
5  [Discord - Canal #AED1-2024]
6  Bot: @everyone O professor iniciou a aula "Comandos de Repetição em Pascal".
7
8      Entre no canal de videoconferência para confirmar sua presença.
9
10 [Vários alunos entram no canal de videoconferência]
11 Professor [Canal #AED1-2024]: Vamos começar entendendo por que precisamos
12     de
13     comandos de repetição. Observem este exemplo inicial no canal.
14
15 [Dashboard do Professor]
16 > Mostrar Código "Exemplo inicial"
17 Sistema: Código exibido no canal da disciplina #AED1-2024:
18
19 [Discord - Canal #AED1-2024]
20 Bot:
21 ```pascal
22 program imprimir_de_1_a_5;
23 begin
24     writeln(1);
25     writeln(2);
26     writeln(3);
27     writeln(4);
28     writeln(5);
29 end.
30 ```
31 Para testar este código, utilize /execute
32
33 [Dashboard do Professor]
34 > Iniciar Discussão
35 [Pergunta] "Qual o problema desta abordagem se quisermos imprimir de 1 até
36     1000?"
37
38 [Discord - Canal #AED1-2024]
39 Bot: DISCUSSÃO: Qual o problema desta abordagem se quisermos imprimir de 1
40     até 1000?
41     Use /answer para participar da discussão.
42
43 Aluno1: /answer Teríamos que escrever mil linhas de código!
44 Aluno2: /answer Código muito repetitivo e difícil de manter.

```

```

42 [Dashboard do Professor - Paine]
43 Status: 15/23 alunos responderam
44 Participação ativa: 65%
45 Respostas mais comuns: "código repetitivo" (60%), "muitas linhas" (27%)
46
47 [Alguns alunos usam reações no Discord]
48 [5 alunos reagem com "joinha" (entendi)]
49 [2 alunos reagem com "?" (tenho dúvida)]
50
51 [Dashboard do Professor - Alertas]
52 ATENÇÃO 2 alunos indicaram dúvidas sobre o conceito atual.
53 Recomendação: Revisitar o conceito com uma abordagem alternativa.
54
55 Professor [Canal #AED1-2024]: Estou vendo que temos algumas dúvidas.
56 Vamos revisitar o conceito de forma diferente.
57
58 [Dashboard do Professor]
59 > Mostrar Exemplo Interativo
60 [Título] "Loop while básico"
61 [Código]
62 ```pascal
63 program exemplo;
64 var i: integer;
65 begin
66   i := 1;
67   while i <= 5 do
68     begin
69       writeln(i);
70       i := i + 1;
71     end;
72   end.
73 ```
74 [Opções] Ativar execução por alunos
75
76 [Discord - Canal #AED1-2024]
77 Bot: EXEMPLO INTERATIVO: Loop while básico
78 ```pascal
79 program exemplo;
80 var i: integer;
81 begin
82   i := 1;
83   while i <= 5 do
84     begin
85       writeln(i);
86       i := i + 1;
87     end;
88   end.
89 ```
90 Use /execute para ver o resultado deste código.
91
92 Aluno5: /execute
93 Bot:
94 ```
95 1
96 2
97 3
98 4

```

```

100 5
101 ```
102
103 Aluno8: /ask O que acontece se eu esquecer de incrementar i dentro do loop?
104 Bot: @Professor Dúvida enviada anonimamente: "O que acontece se eu esquecer
    de incrementar i dentro do loop?"
105
106 [Dashboard do Professor]
107 > Responder Dúvida
108 [Criar Exemplo] "Loop infinito"
109 ```pascal
110 program loop_infinito;
111 var i: integer;
112 begin
113     i := 1;
114     while i <= 5 do
115     begin
116         writeln(i);
117         // i não é incrementado
118     end;
119 end.
120 ```
121
122 [Discord - Canal #AED1-2024]
123 Bot: Resposta à dúvida: O que acontece se esquecer de incrementar i
124 ```pascal
125 program loop_infinito;
126 var i: integer;
127 begin
128     i := 1;
129     while i <= 5 do
130     begin
131         writeln(i);
132         // i não é incrementado
133     end;
134 end.
135 ```
136 Aviso: O código acima contém um loop infinito. A execução seria
    interrompida após
137 repetir o mesmo valor várias vezes:
138 ```
139 1
140 1
141 1
142 1
143 ...
144 ```
145
146 [Dashboard do Professor]
147 > Criar Desafio
148 [Título] "Números pares"
149 [Descrição] "Escreva um programa que leia um número n e imprima todos os nú
    meros pares de 2 até n"
150 [Tempo] 10 minutos
151 [Testes Automáticos]
152 - Entrada: "10" | Saída esperada: "2 4 6 8 10"
153 - Entrada: "7" | Saída esperada: "2 4 6"
154

```



```

155 [Discord - Canal #AED1-2024]
156 Bot: NOVO DESAFIO: Números pares
157 Escreva um programa que leia um número n e imprima todos os números pares
    de 2 até n.
158 Tempo: 10 minutos
159 Use /solve para começar a resolver.
160
161 [Vários alunos utilizam o comando /solve, recebendo acesso a canais
    privados para resolver o problema]
162
163 [Dashboard do Professor - Monitor de Progresso]
164 15/23 alunos iniciaram o desafio
165 8/23 já submeteram soluções
166 6/23 passaram em todos os testes
167
168 [Após o tempo definido]
169 [Dashboard do Professor]
170 > Encerrar Desafio
171 > Compartilhar Solução Anônima [ID: 3]
172
173 [Discord - Canal #AED1-2024]
174 Bot: O tempo para o desafio "Números pares" encerrou!
175 Estatísticas:
176 - 19/23 alunos participaram
177 - 15/19 completaram o desafio com sucesso
178
179 Solução compartilhada (anônima):
180 ```pascal
181 program numeros_pares;
182 var i, n: integer;
183 begin
184     read(n);
185     i := 2;
186     while i <= n do
187     begin
188         writeln(i);
189         i := i + 2;
190     end;
191 end.
192 ```
193
194 [Dashboard do Professor]
195 > Encerrar Aula
196 > Gerar Relatório
197
198 [Discord - Canal #AED1-2024]
199 Bot: Esta aula foi encerrada. Um resumo das atividades foi enviado ao
    professor.
200 Sistema: Canal de videoconferência #AED1-2024 encerrado.
201
202 [E-mail do Professor - Relatório Automático]
203 Resumo da aula: "Comandos de Repetição em Pascal"
204 - Participação: 23/25 alunos ativos (92%)
205 - Média de interações por aluno: 7.2
206 - Tópicos com mais dúvidas: "loop infinito" (5 menções), "incremento de
    variáveis" (3 menções)
207 - Desafio "Números pares": 19/23 participaram, 15/19 completaram com
    sucesso

```

208 - Alunos com participação abaixo do esperado: 2 (lista anexa)

## 4 PROVA DE CONCEITO: *BOT* PARA INTERAÇÃO EDUCACIONAL

Este capítulo apresenta a prova de conceito do *bot* educacional desenvolvido para este trabalho, detalhando sua implementação técnica e a metodologia de avaliação experimental proposta. O *dashboard* contém elementos que são a representação gráfica do *bot*, permitindo ao professor gerenciar as interações conforme estabelecido no Capítulo 2.

O Capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 4.1 contextualiza a interação professor-aluno em ambientes remotos, como estabelecido no Capítulo 2, e como o *bot* transforma este paradigma, a Seção 4.2 detalha os aspectos técnicos da implementação, incluindo a arquitetura do sistema e as tecnologias utilizadas, a Seção 4.3 apresenta as funcionalidades implementadas no *bot* e no *dashboard*, a Seção 4.4 descreve a metodologia de avaliação experimental proposta, e finalmente, a Seção 4.5 apresenta os resultados ilustrativos obtidos na validação do sistema.

### 4.1 CONTEXTO DA INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO EM AMBIENTES REMOTOS

Como visto na Seção 1.2, em uma aula remota tradicional é frequentemente observada uma comunicação unidirecional, onde o professor apresenta o conteúdo enquanto os alunos assumem postura predominantemente passiva.

O *bot* proposto busca transformar este paradigma ao introduzir um mediador digital que facilita:

1. **Trocas síncronas durante a exposição de conteúdo:** Permitindo reações e dúvidas sem interromper o fluxo da aula
2. **Anonimato seletivo para alunos:** Reduzindo a inibição de participação
3. **Coleta sistemática de dados de interação:** Possibilitando ajustes em tempo real na condução da aula
4. **Automação de tarefas repetitivas:** Liberando o professor para focar em aspectos pedagógicos mais relevantes

Entendemos que estas características são fundamentais para aproximar o ambiente virtual das dinâmicas interativas observadas em salas de aula presenciais onde metodologias ativas são aplicadas com sucesso.

### 4.2 IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA

A implementação técnica do sistema educacional segue uma arquitetura dual composta pelo *bot* Discord e pelo *dashboard* do professor, conforme conceitualmente apresentado na Seção 2.3.4. Esta arquitetura garante a separação entre o canal de comando (exclusivo do professor) e o canal de interação (compartilhado entre todos os participantes).

Esta seção está organizada da seguinte forma: a Seção 4.2.1 detalha a arquitetura modular do *bot* desenvolvido em C utilizando a biblioteca Concord, a Seção 4.2.2 apresenta a implementação do *dashboard* web e sua comunicação com o *bot*, e a Seção 4.2.3 aborda os aspectos de integração técnica e conformidade com os componentes essenciais de um *bot* educacional estabelecidos no referencial teórico.

#### 4.2.1 Arquitetura do *Bot*

O *bot* foi desenvolvido utilizando a biblioteca Concord em C, como visto na Seção 2.4. A implementação seguiu uma arquitetura modular organizada em quatro componentes principais, (1) módulos de publicação, (2) interação, (3) análise e (4) persistência. Estes módulos foram escolhidos para atender aos objetivos pedagógicos e técnicos estabelecidos no Capítulo 2:

- **Módulo de Publicação:** Responsável por processar comandos do professor vindos do *dashboard* e transformá-los em conteúdo formatado nos canais apropriados do Discord. Este módulo implementa recursos de formatação para código, imagens e outros materiais didáticos.
- **Módulo de Interação:** Gerencia as reações e comandos dos alunos, incluindo o processamento de comandos *slash*, reações com emojis e mensagens diretas. Este componente implementa o princípio de comunicação multidirecional discutido na Seção 2.3.3.
- **Módulo de Análise:** Coleta e processa em tempo real as interações para gerar métricas de engajamento, barômetros de compreensão e outros indicadores pedagógicos relevantes. Os resultados são transmitidos ao *dashboard* do professor para visualização.
- **Módulo de Persistência:** Armazena dados estruturados sobre a sessão para análise posterior, possibilitando a geração de relatórios detalhados e o acompanhamento longitudinal do progresso dos alunos ao longo de múltiplas aulas.

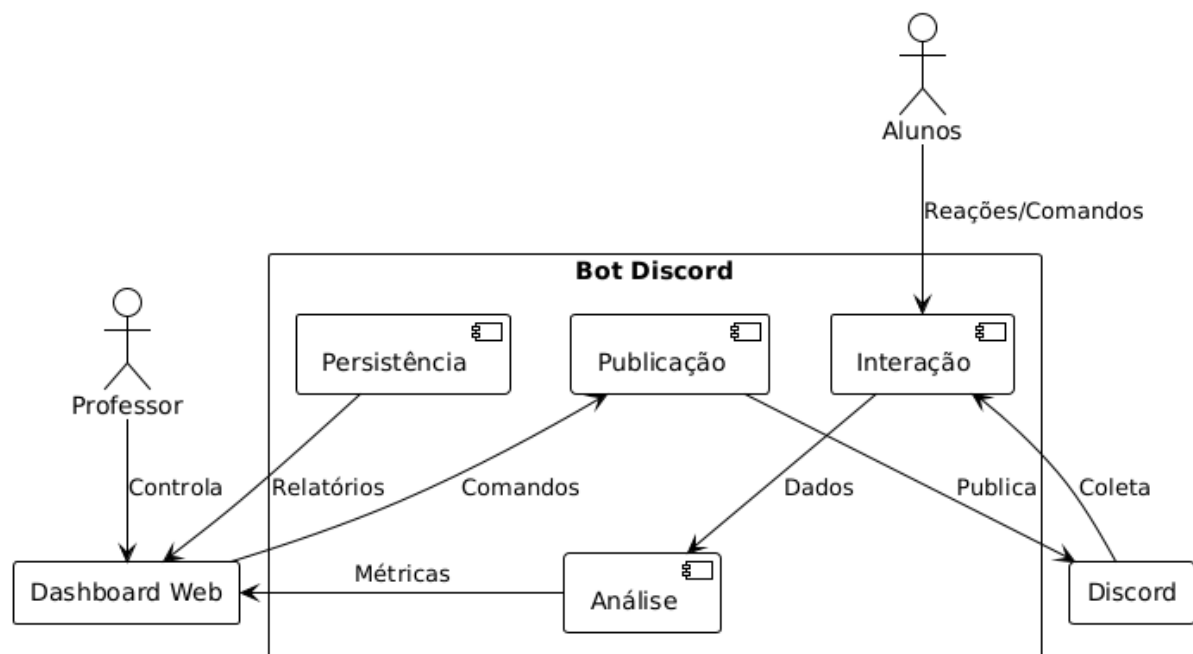


Figura 4.1: Arquitetura do *bot* educacional, mostrando os principais módulos e a comunicação com o *dashboard* do professor.

#### 4.2.2 Implementação do *Dashboard*

O *dashboard* do professor foi implementado como uma aplicação web utilizando tecnologias consolidadas de frontend (JavaScript) e backend (Node.js), comunicando-se com o

*bot* através de uma *API REST*. Esta separação arquitetural permite que o professor mantenha uma interface de controle independente e privada, sem necessidade de interagir diretamente no *chat* público.

O sistema de comunicação entre *dashboard* e *bot* utiliza um protocolo de mensagens baseado em *WebSocket* para garantir atualizações em tempo real e baixa latência, aspectos cruciais para o controle efetivo da dinâmica da aula. Esta comunicação bidirecional permite:

1. Envio de comandos do professor para o *bot* (publicação de conteúdo, criação de atividades)
2. Transmissão de métricas e alertas do *bot* para o *dashboard* (nível de engajamento, dúvidas anônimas)
3. Sincronização do estado da aula entre múltiplas sessões de navegador, caso o professor precise alternar entre dispositivos

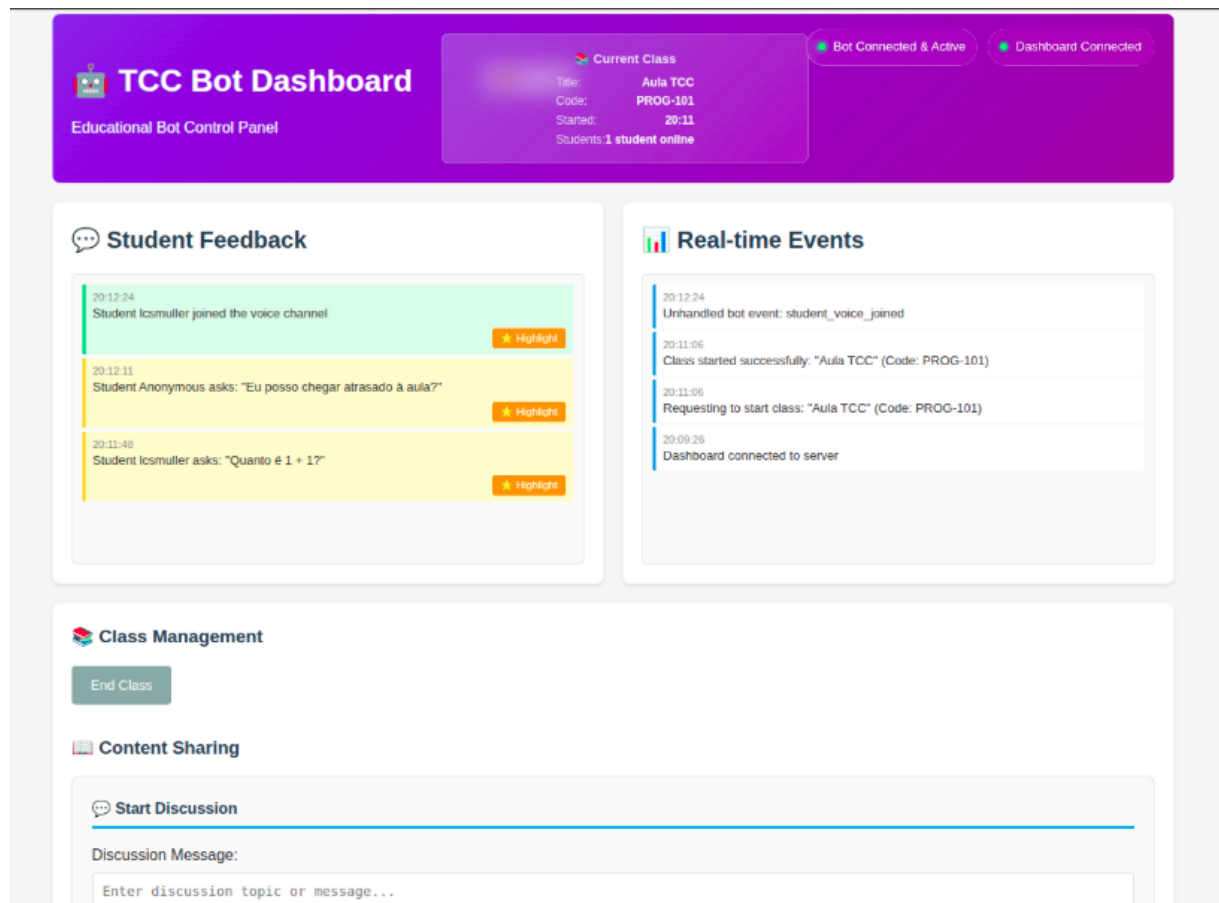


Figura 4.2: Visão geral do *dashboard* do professor, mostrando as principais funcionalidades e a integração com o *bot* educacional.

#### 4.2.3 Integração Técnica

A integração com o Discord foi realizada através das *APIs* fornecidas pela biblioteca Concord.

A arquitetura implementa os cinco componentes essenciais de um *bot* educacional descritos na Seção 2.1: (1) interface do usuário (canais do Discord), (2) compreensão de linguagem

natural (processamento de comandos), (3) gerenciador de diálogo (módulo de interação), (4) integração com backend (*dashboard* e sistemas de persistência) e (5) geração de resposta (módulo de publicação).

Esta implementação atende diretamente ao objetivo de criar uma prova de conceito funcional utilizando tecnologias adequadas ao contexto educacional, conforme estabelecido na Seção 1.3.

O código-fonte completo da implementação, incluindo o *bot* educacional e o *dashboard* de controle pedagógico, está disponível no repositório público documentado no Apêndice B.

### 4.3 FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS

Como visto na Seção 4.2, o sistema desenvolvido consiste em dois componentes principais que trabalham de forma integrada: (1) o *bot* educacional que interage diretamente com os alunos no Discord e (2) o *dashboard* exclusivo para o professor que permite gerenciar essas interações.

Esta seção está organizada da seguinte forma: a Seção 4.3.1 apresenta as funcionalidades implementadas no *bot* e no *dashboard*, a Seção 4.3.2 detalha as funcionalidades do *dashboard* do professor, e a Seção 4.3.3 lista os comandos implementados e os cenários de uso.

#### 4.3.1 Funcionalidades do *Bot* no Discord

O *bot* no ambiente Discord oferece as funcionalidades de (1) mecanismos de *feedback* rápido, (2) canal de dúvidas anônimas, (3) execução de código e (4) atividades interativas:

1. **Mecanismos de *feedback* rápido:** Permite que alunos utilizem reações para indicar seu nível de compreensão (como “entendi”, “tenho dúvida”, “confuso”), criando um barômetro de compreensão em tempo real (Figuras 4.3 e 4.4).
2. **Canal de dúvidas anônimas:** Os alunos podem enviar dúvidas de forma privada para o *bot*, que as encaminha ao professor sem identificar o remetente, reduzindo a inibição (Figuras 4.5 a 4.7).
3. **Execução de código:** Para disciplinas de programação, o *bot* permite a execução de snippets de código submetidos pelos alunos, mostrando resultados em tempo real.
4. **Atividades interativas:** Disponibiliza *quizzes*, enquetes e desafios temporalizados, coletando e organizando as respostas dos alunos automaticamente.

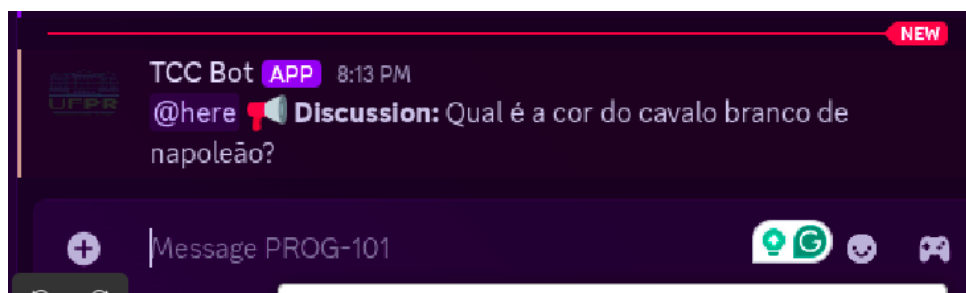


Figura 4.3: Exemplo de discussão iniciada pelo professor, mostrando como o conteúdo é apresentado aos alunos no Discord.

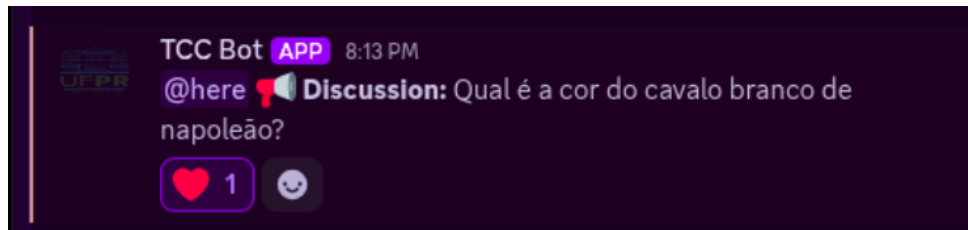


Figura 4.4: Reações dos alunos em uma discussão ativa, demonstrando o mecanismo de *feedback* rápido através de emojis.

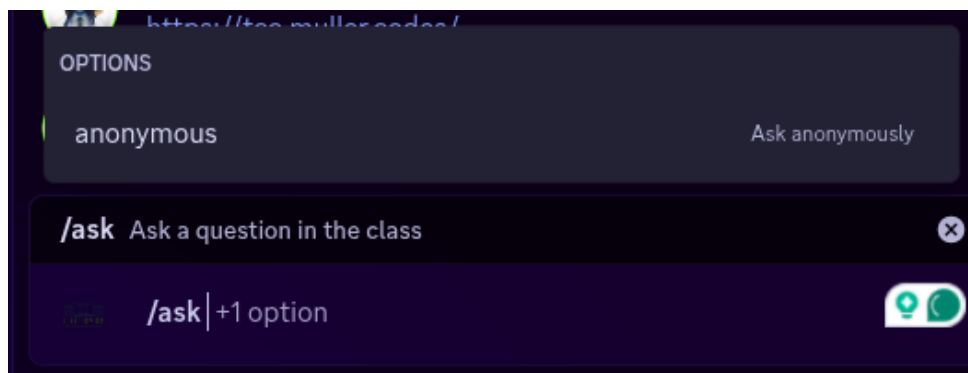


Figura 4.5: Comando **/ask** sendo utilizado por um aluno para enviar uma pergunta anônima ao professor.

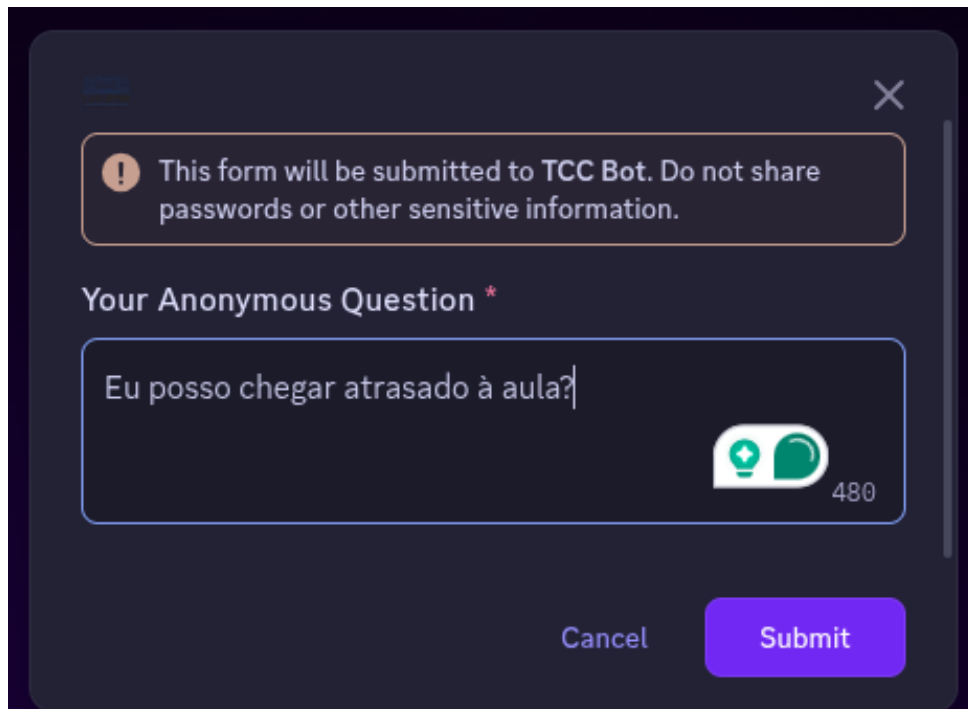


Figura 4.6: Modal de texto do comando **/ask**, mostrando a interface para envio de perguntas com opção de anonimato.

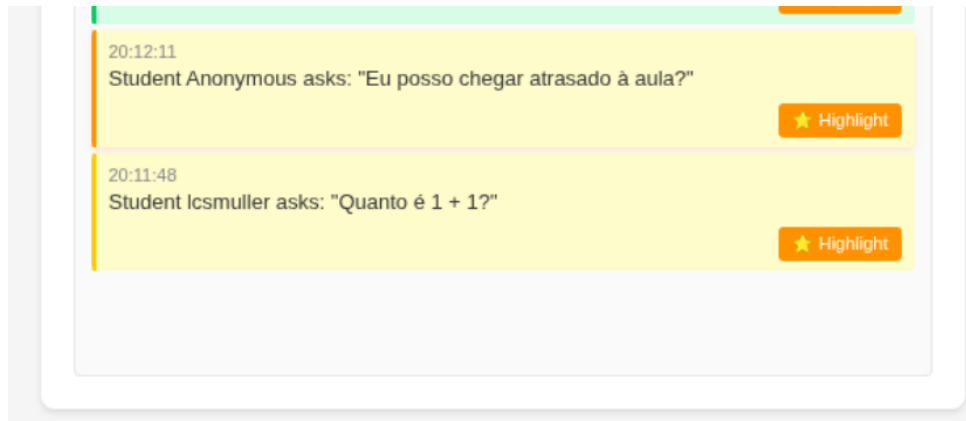


Figura 4.7: Visão do professor no dashboard ao receber uma pergunta anônima de um aluno através do comando /ask.

#### 4.3.2 Funcionalidades do *Dashboard* do Professor

O *dashboard*, como interface de controle pedagógico, implementa as funcionalidades (1) sistema de alertas, (2) gerenciador de atividades e (3) relatórios pós-aula:

1. **Sistema de alertas:** Notificações em tempo real sobre eventos críticos da aula, incluindo alertas de conectividade com o bot, notificações de entrada/saída de alunos no canal de voz, e indicadores visuais de problemas técnicos. O sistema monitora continuamente o status da conexão e exibe alertas imediatos quando há perda de comunicação com o *bot* educacional (Figura 4.8).
2. **Gerenciador de atividades:** Interface completa para criação, lançamento e monitoramento de atividades interativas, incluindo discussões com formatação automática, enquetes com opções dinâmicas (2-10 opções), snippets de código com suporte a múltiplas linguagens, e controle de duração temporizada. O sistema permite iniciar, pausar e finalizar atividades em tempo real, com visualização simultânea de reações dos alunos e respostas agrupadas por tipo de atividade (Figuras 4.9, 4.10 e 4.11).
3. **Relatórios pós-aula:** Geração automática de resumos detalhados ao final da sessão, incluindo métricas de participação (número de estudantes únicos, pico de participação, duração total da aula), histórico completo de conteúdos ativos compartilhados com tempo de duração e estatísticas de engajamento, registro de mensagens destacadas pelo professor durante a aula, e timeline cronológica das respostas dos alunos vinculadas ao contexto do conteúdo ativo (Figuras 4.12 e 4.13).

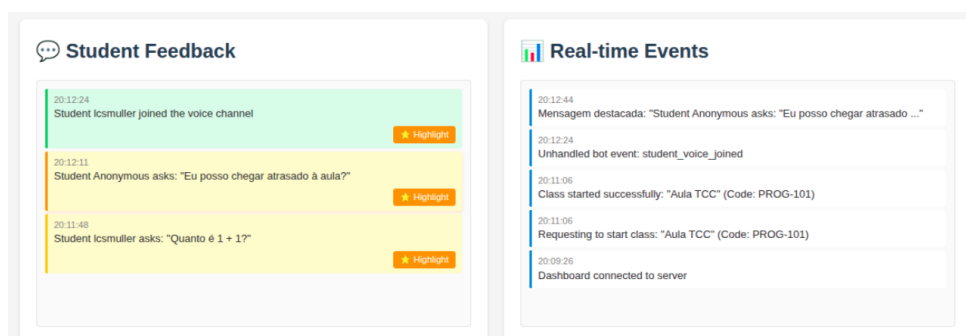
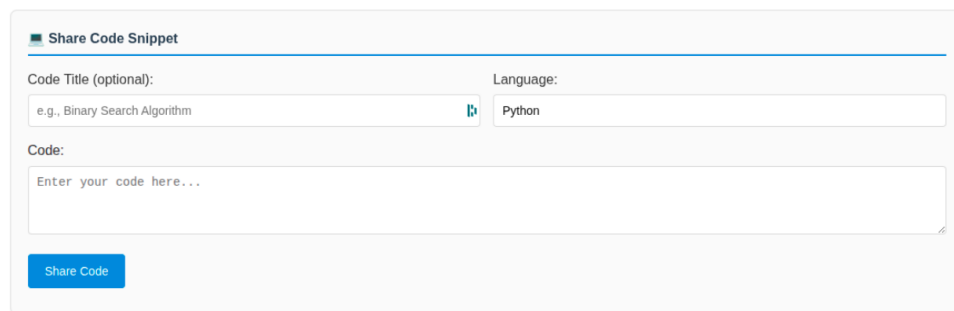


Figura 4.8: Sistema de alertas do dashboard, mostrando notificações em tempo real sobre eventos críticos da aula.





**Share Code Snippet**

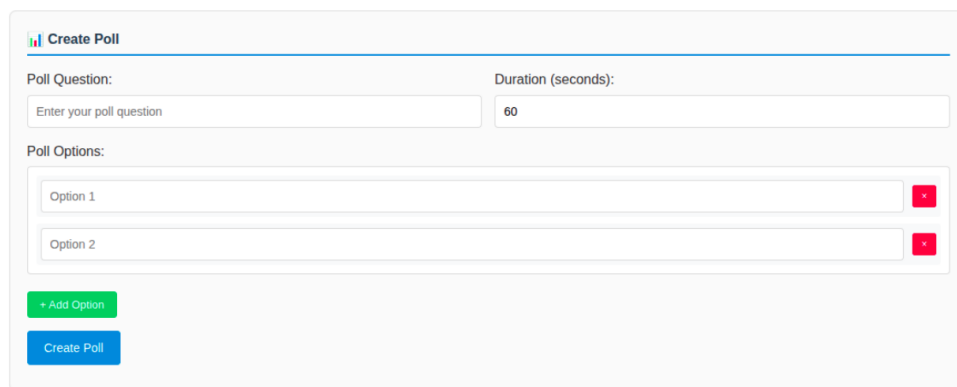
Code Title (optional):

Language:

Code:

[Share Code](#)

Figura 4.9: Interface do gerenciador de atividades - Parte 1: Criação e configuração de atividades interativas.



**Create Poll**

Poll Question:

Duration (seconds):

Poll Options:

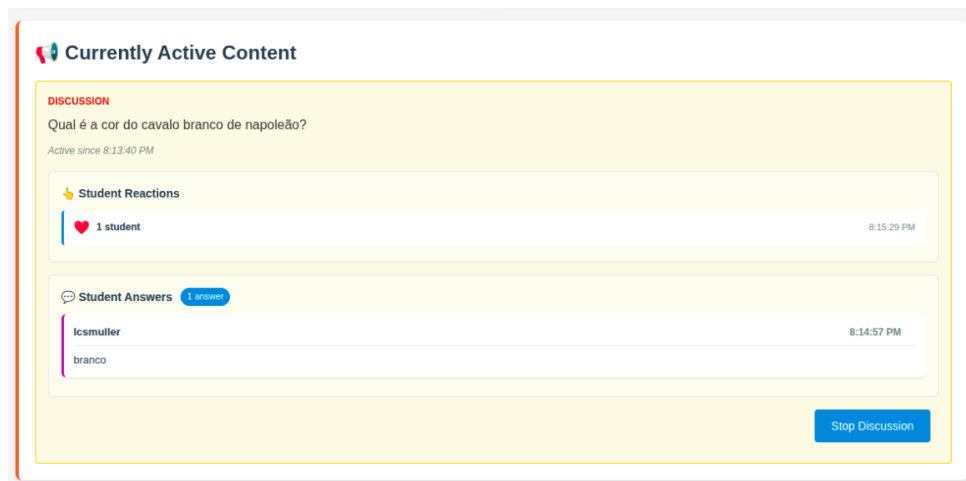
Option 1

Option 2

[+ Add Option](#)

[Create Poll](#)

Figura 4.10: Interface do gerenciador de atividades - Parte 2: Monitoramento e controle de atividades em tempo real.



**Currently Active Content**

**DISCUSSION**

Qual é a cor do cavalo branco de napoleão?

Active since 8:13:40 PM

**Student Reactions**

1 student 8:15:29 PM

**Student Answers** [1 answer](#)

Icsmuller 8:14:57 PM

branco

[Stop Discussion](#)

Figura 4.11: Agregação visual de reações dos alunos, permitindo ao professor visualizar o *feedback* coletivo em tempo real.

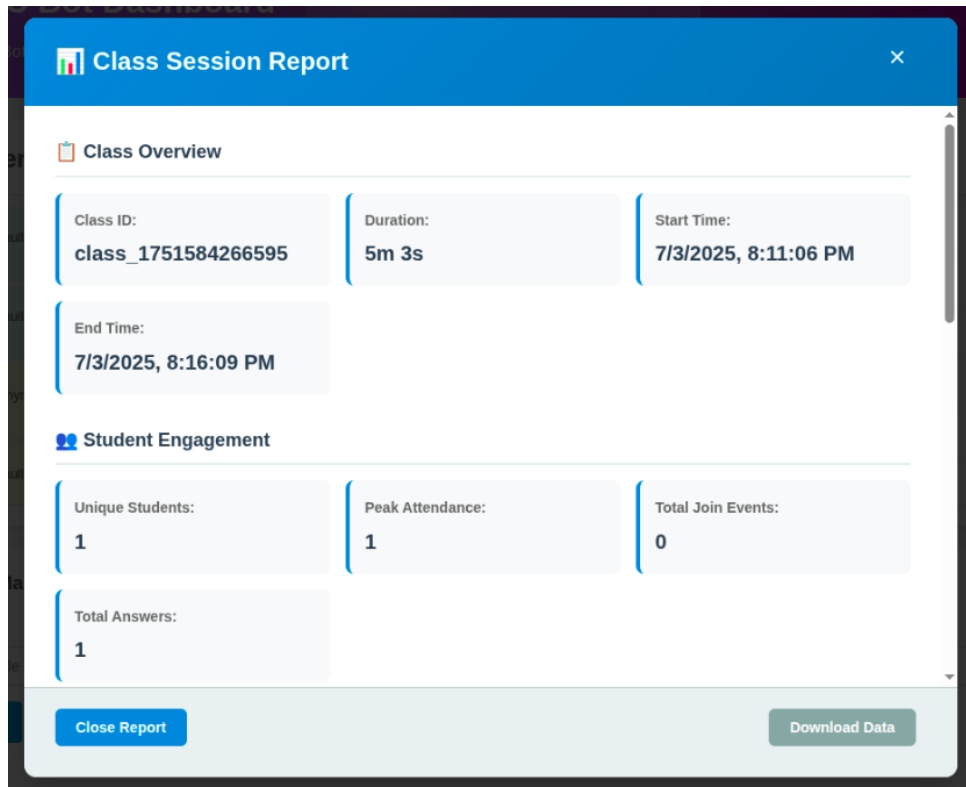


Figura 4.12: Relatórios pós-aula - Parte 1: Métricas de participação e estatísticas gerais da sessão.

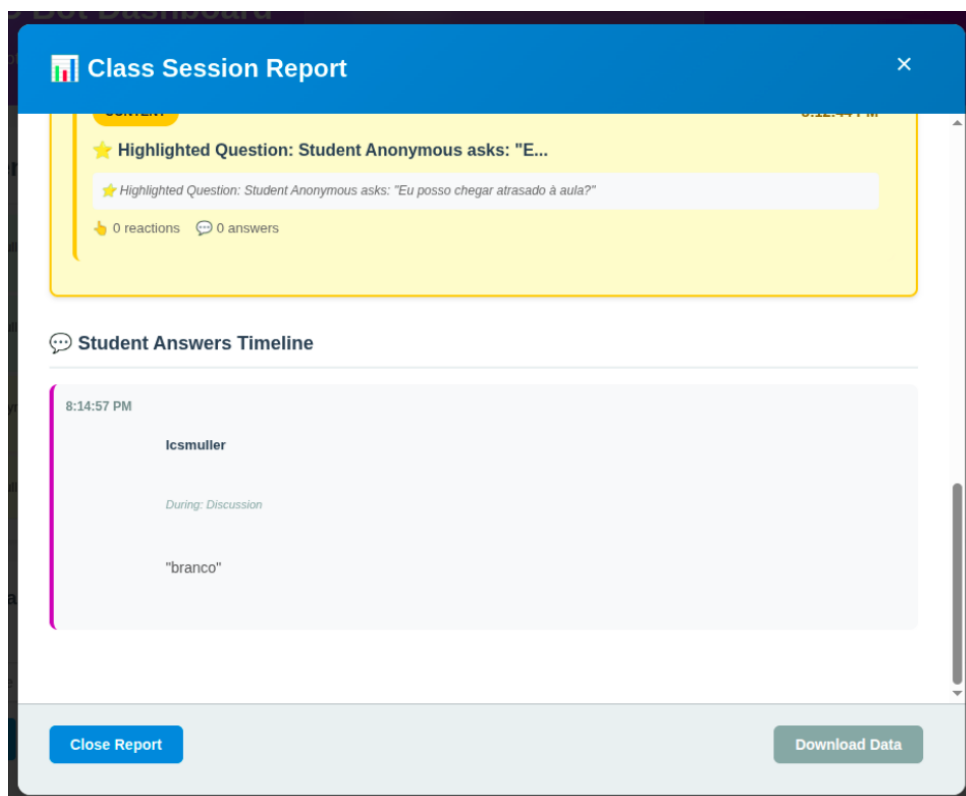


Figura 4.13: Relatórios pós-aula - Parte 2: Timeline cronológica das interações e detalhamento das atividades.

A integração entre *dashboard* e *bot* visa criar um sistema coeso que permite ao professor manter o controle pedagógico da aula enquanto facilita interações dinâmicas com os alunos. O

professor pode, por exemplo, identificar rapidamente conceitos que geraram confusão através do *dashboard* e adaptar sua abordagem ou enviar explicações adicionais através do *bot*, sem interromper o fluxo da aula.

As Figuras 4.3 a 4.7 ilustram o funcionamento das principais funcionalidades do *bot* do ponto de vista dos alunos, enquanto as Figuras 4.8 a 4.13 apresentam as interfaces do *dashboard* utilizadas pelo professor para gerenciar e monitorar as atividades educacionais.

#### 4.3.3 Comandos Implementados e Cenários de Uso

O sistema implementa um conjunto específico de comandos *slash* no Discord que permitem aos alunos interagir com o conteúdo da aula de forma estruturada, os comandos criados são (1) **/help**, (2) **/ask [anonymous]**, (3) **/answer [anonymous]** e (4) **/execute**:

1. **/help**: Exibe informações sobre os comandos disponíveis e como utilizar o *bot* educacional.
2. **/ask [anonymous]**: Permite enviar perguntas ao professor, com opção de anonimato. Abre um modal de texto com limite de 512 caracteres.
3. **/answer [anonymous]**: Permite responder ao conteúdo ativo atual (discussões, enquetes, exercícios), com opção de anonimato. Abre um modal de texto com limite de 1024 caracteres.
4. **/execute**: Executa snippets de código compartilhados pelo professor.

Adicionalmente, o bot detecta automaticamente reações com emojis em mensagens de conteúdo ativo, permitindo *feedback* rápido através de símbolos como “polegar para cima” (entendi), “ponto de interrogação” (dúvida), ou “rosto confuso” (confuso).

O *dashboard* do professor suporta os cenários pedagógicos de (1) discussões guiadas, (2) enquetes interativas, (3) compartilhamento de código e (4) monitoramento de engajamento:

1. **Discussões guiadas**: Lançamento de tópicos de discussão com acompanhamento das respostas dos alunos em tempo real.
2. **Enquetes interativas**: Criação de enquetes com 2-10 opções, visualização das respostas e estatísticas de participação.
3. **Compartilhamento de código**: Envio de snippets de código com sintaxe destacada para múltiplas linguagens de programação.
4. **Monitoramento de engajamento**: Visualização em tempo real de reações, mensagens destacadas e participação dos alunos.

A Figura 2.2 (Capítulo 2) ilustra esta relação integrada, onde o *dashboard* atua como interface de comando exclusiva do professor, enquanto o *bot* serve como ponto de contato e interação para todos os participantes.

#### 4.4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A metodologia de avaliação para o *bot* educacional consiste em uma abordagem experimental com participantes reais assumindo os papéis de professor e alunos em um ambiente de sala de aula simulado, conforme delineado na Seção 1.4.3. Esta abordagem permite avaliar a eficácia da ferramenta em condições próximas ao uso real, combinando métricas quantitativas e qualitativas.

Esta seção está organizada da seguinte forma: a Seção 4.4.1 apresenta o desenho experimental adotado, incluindo a estrutura das sessões e características dos participantes, a Seção 4.4.2 descreve o ambiente controlado utilizado e o perfil dos participantes, a Seção 4.4.3 detalha os mecanismos de coleta de dados empregados, e finalmente, a Seção 4.4.4 apresenta as dimensões de avaliação e métricas utilizadas para mensurar a eficácia do sistema.

##### 4.4.1 Desenho Experimental

O experimento foi estruturado com os seguintes parâmetros:

- **Participantes:** 10 usuários (8 da área da informática, 2 da área de humanas), garantindo diversidade de perspectivas sobre tecnologia educacional
- **Formato:** Experimentos individuais com cada participante, permitindo avaliação personalizada das interações
- **Estrutura das sessões:** 20 sessões experimentais no total, onde cada participante atuou duas vezes - uma como professor (controlando o *dashboard*) e outra como aluno (interagindo via Discord)
- **Duração:** Sessões de aproximadamente 30-45 minutos cada, tempo suficiente para explorar as principais funcionalidades do sistema

##### 4.4.2 Ambiente e Participantes

O experimento foi conduzido em ambiente controlado que reproduziu condições de ensino remoto:

- **Cenários pedagógicos:** Sessões simuladas abordando diferentes tipos de conteúdo, incluindo aulas expositivas, discussões guiadas e atividades práticas
- **Equipamentos:** Participantes utilizaram seus próprios dispositivos (computadores, tablets, smartphones), simulando condições reais de acesso
- **Conectividade:** Teste realizado com diferentes condições de conexão à internet
- **Roles alternados:** Cada participante experienciou ambas as perspectivas (professor e aluno), proporcionando visão abrangente do sistema

##### 4.4.3 Coleta de Dados

Os dados foram coletados através de (1) questionários estruturados e (2) comentários livres dos participantes:

1. **Questionários estruturados:** Aplicados imediatamente após cada sessão experimental, medindo percepções sobre usabilidade, eficácia pedagógica e aceitação da tecnologia.
2. **Comentários livres:** Espaço para feedback qualitativo aberto, permitindo identificação de aspectos não cobertos pelas questões estruturadas

#### 4.4.4 Dimensões de Avaliação e Métricas Utilizadas

A avaliação foi estruturada em quatro dimensões principais, escolhidas de forma exploratória para capturar diferentes aspectos da experiência com o *bot* educacional. É importante ressaltar que a seleção dessas dimensões foi realizada de maneira arbitrária pelo autor, baseada em aspectos considerados relevantes para a avaliação de ferramentas educacionais interativas. Para estudos futuros, recomenda-se a utilização de frameworks de avaliação já consolidados na literatura, como o Technology Acceptance Model (TAM) ou o Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), que oferecem metodologias mais rigorosas e comparáveis.

As dimensões avaliadas e suas respectivas métricas são apresentadas a seguir:

Tabela 4.1: Dimensões e métricas para avaliação da eficácia do *bot*

Dimensão	Métricas e Indicadores
<b>Engajamento dos alunos</b>	Número e diversidade de interações, tempo de resposta, participação voluntária em atividades, distribuição temporal das interações
<b>Eficácia pedagógica</b>	Percepção de aprendizagem, clareza da comunicação, suporte às metodologias ativas, mudanças na condução da aula, percepção de compreensão do conteúdo, tempo dedicado a esclarecimentos
<b>Usabilidade da ferramenta</b>	Facilidade de uso, intuitividade da interface, curva de aprendizado para professores e alunos, problemas técnicos, satisfação com a interface
<b>Aceitação da tecnologia</b>	Disposição para adoção em contexto real, percepção de utilidade, integração ao fluxo de trabalho pedagógico, comparação com ferramentas tradicionais

Cada dimensão foi operacionalizada através de questões específicas no questionário estruturado, permitindo uma avaliação multidimensional do sistema desenvolvido. A escolha por uma abordagem exploratória se justifica pelo caráter inicial desta pesquisa.

## 4.5 RESULTADOS ILUSTRATIVOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos na avaliação do *bot* educacional, com base na metodologia descrita na Seção 4.4. Os resultados são apresentados em duas partes: a Seção 4.5.1 apresenta a análise quantitativa dos dados coletados através dos questionários aplicados aos participantes, e a Seção 4.5.2 apresenta a análise qualitativa dos comentários e feedbacks dos usuários.

#### 4.5.1 Dados Quantitativos

A análise quantitativa dos questionários revelou resultados promissores em múltiplas dimensões avaliadas. As respostas foram coletadas em escala de 1 a 5, onde 1 representa “muito insatisfatório” e 5 representa “muito satisfatório”.

Esta seção está organizada da seguinte forma: a Seção 4.5.1.1 apresenta os resultados sobre usabilidade e facilidade de uso, a Seção 4.5.1.2 aborda a eficácia pedagógica do *bot*, a Seção 4.5.1.3 apresenta as funcionalidades mais utilizadas pelos participantes, a Seção 4.5.1.4 analisa a redução de carga de trabalho do professor e a facilitação da comunicação, e a Seção 4.5.1.5 discute a aceitação e adoção da tecnologia.

E se baseia na análise dos gráficos apresentados à seguir, que foram extraídos dos questionários aplicados aos participantes, conforme descrito na Seção 4.4.3:

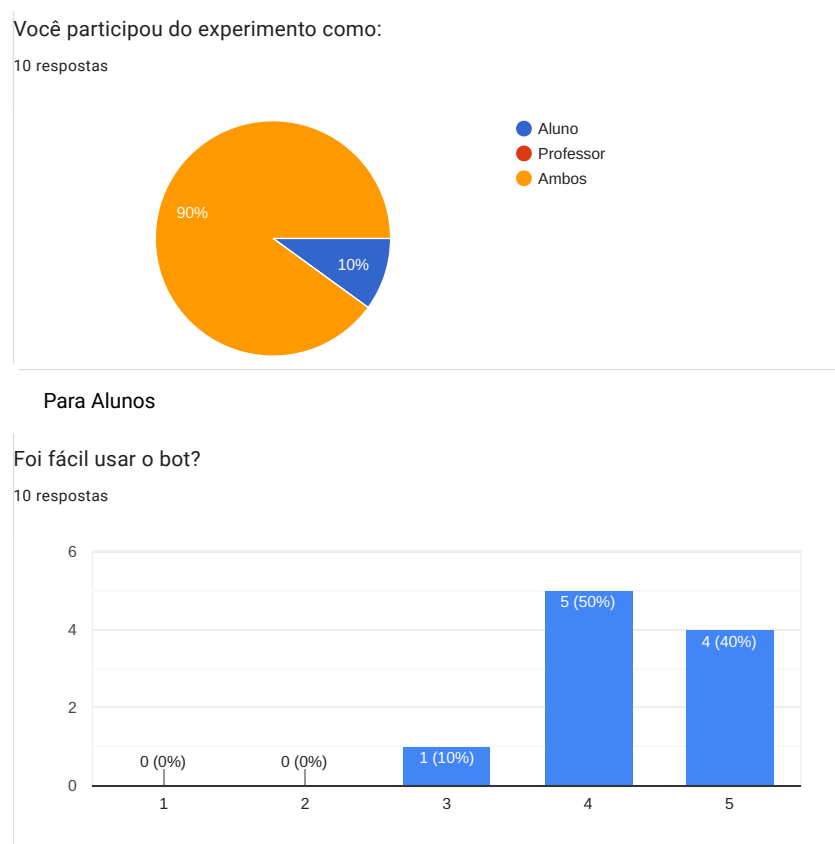


Figura 4.14: Distribuição das respostas sobre facilidade de uso do *bot* e dashboard. O gráfico superior mostra a distribuição dos papéis dos participantes (aluno, professor, ambos), enquanto o gráfico inferior apresenta a avaliação da facilidade de uso do *bot*.

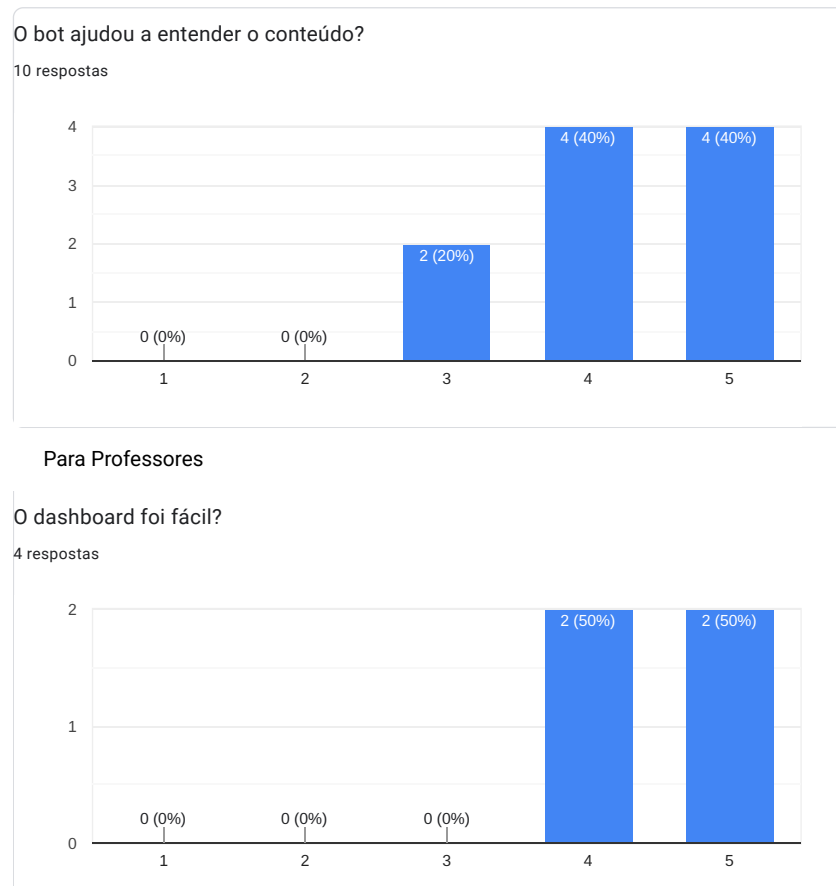


Figura 4.15: Avaliação da facilidade de uso do dashboard do professor. O gráfico superior mostra a percepção sobre como o *bot* ajudou na compreensão do conteúdo, enquanto o gráfico inferior apresenta a avaliação da facilidade de uso do dashboard.

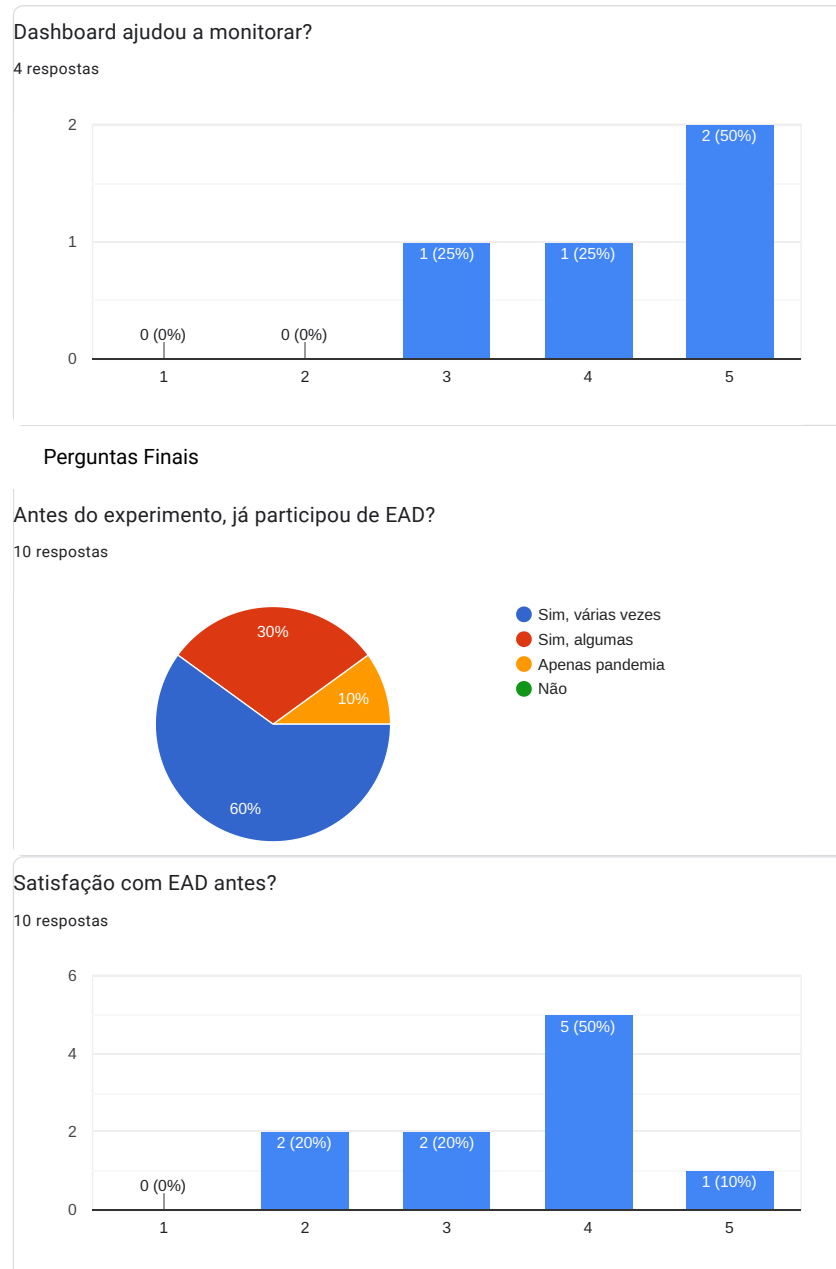


Figura 4.16: Avaliação da eficácia pedagógica. O gráfico superior mostra se o dashboard ajudou no monitoramento das atividades, o gráfico do meio apresenta a experiência prévia dos participantes com EAD, e o gráfico inferior indica a satisfação com EAD antes do experimento.



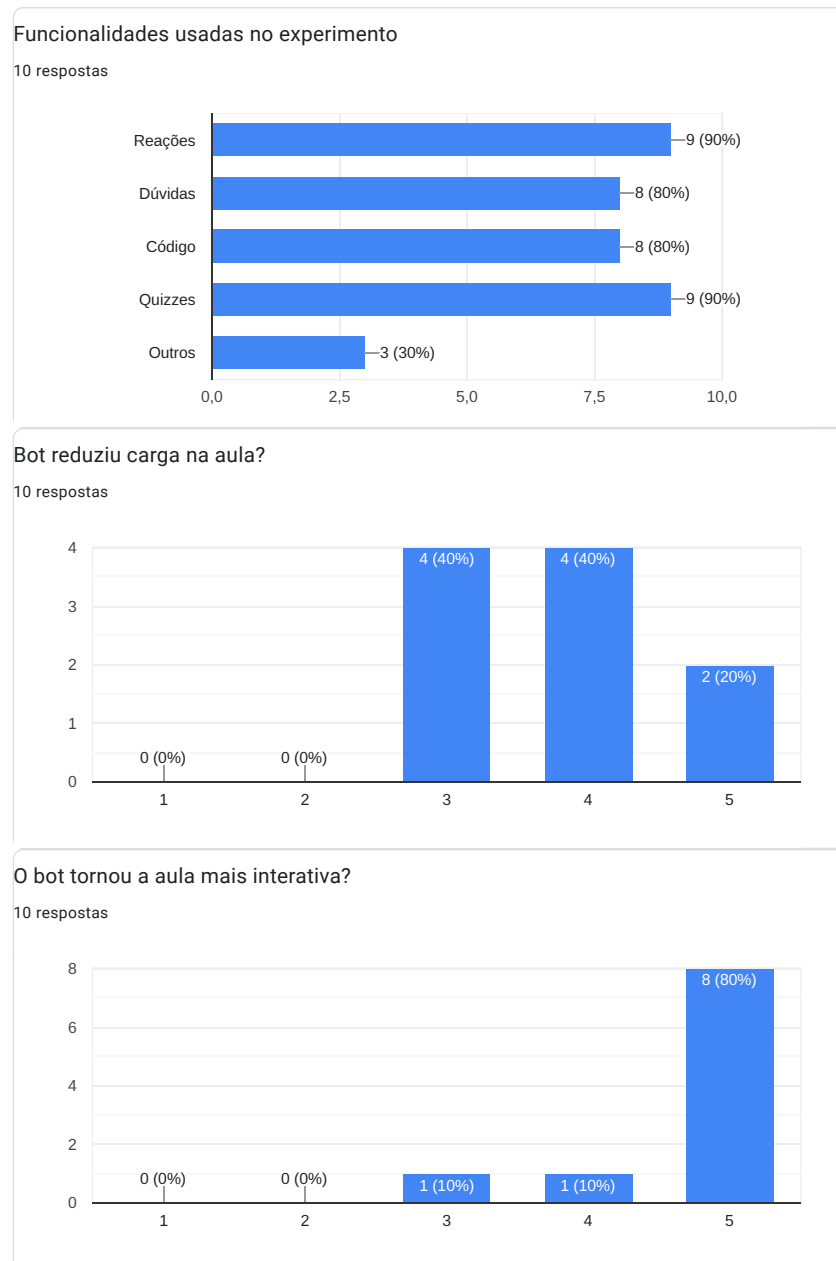


Figura 4.17: Funcionalidades utilizadas e impacto na carga de trabalho e interatividade. O gráfico superior mostra as funcionalidades mais utilizadas durante o experimento, o gráfico do meio apresenta a percepção sobre redução da carga na aula, e o gráfico inferior indica como o *bot* tornou a aula mais interativa.

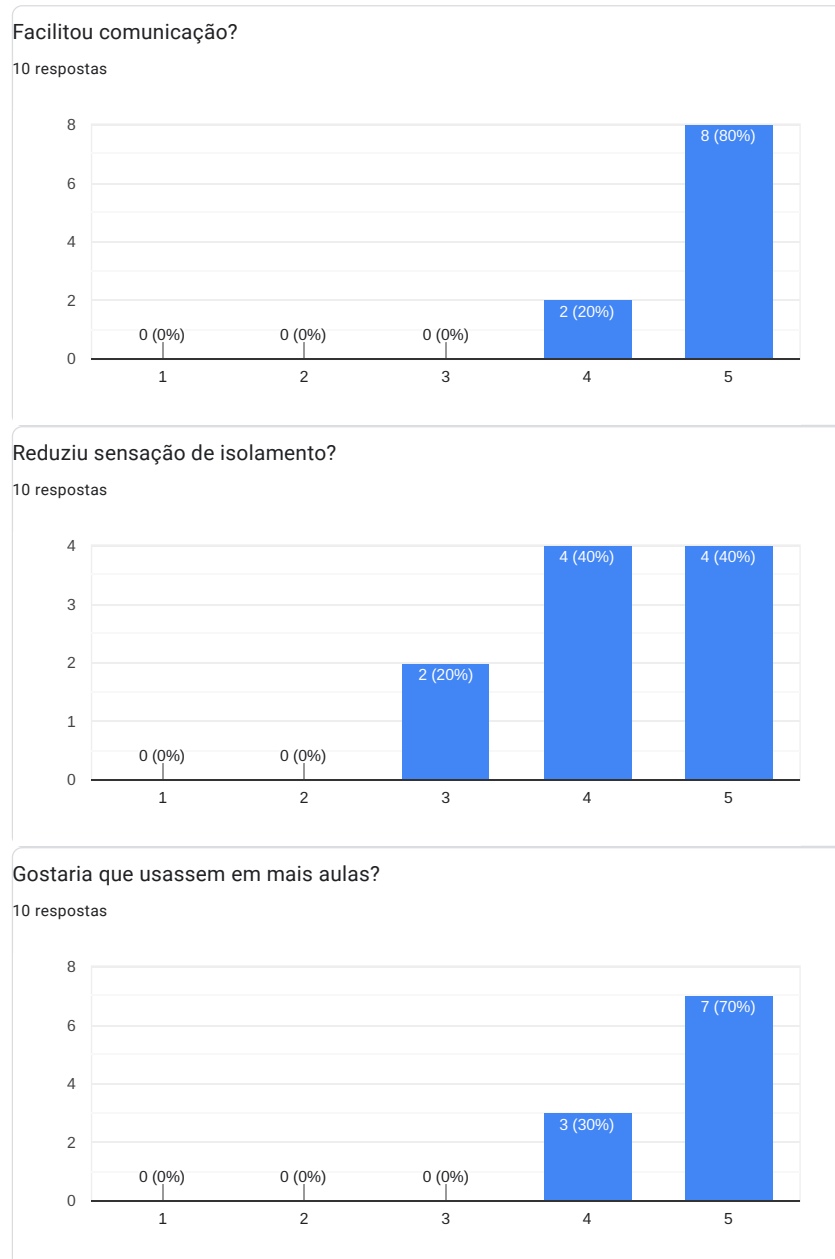


Figura 4.18: Aceitação e adoção da tecnologia. O gráfico superior mostra como o *bot* facilitou a comunicação, o gráfico do meio apresenta a percepção sobre redução da sensação de isolamento, e o gráfico inferior indica a disposição para usar a ferramenta em mais aulas.

#### 4.5.1.1 Usabilidade e Facilidade de Uso

Quanto à facilidade de uso do *bot*, 90% dos participantes atribuíram notas 4 ou 5 (Figura 4.14). Este resultado indica que a interface do *bot* foi considerada intuitiva pela maioria dos usuários, apesar de alguns comentários sugerirem melhorias na forma de interação com comandos.

Para o *dashboard* do professor (Figura 4.15), entre os 4 participantes que o utilizaram, a avaliação foi ainda mais positiva, com 100% dos respondentes atribuindo notas 4 ou 5, demonstrando que a interface de controle pedagógico atendeu adequadamente às expectativas.

#### 4.5.1.2 Eficácia Pedagógica

No quesito “ajuda na compreensão do conteúdo” (Figura 4.15), 80% dos participantes atribuíram notas 4 ou 5. Este resultado sugere que a ferramenta efetivamente contribuiu para o processo de aprendizagem, alinhando-se com os objetivos pedagógicos estabelecidos.

Quanto ao impacto na interatividade das aulas (Figura 4.17), os resultados foram excepcionalmente positivos: 90% dos participantes concordaram que o *bot* tornou a aula mais interativa (notas 4 ou 5). Este foi o aspecto mais bem avaliado, sugerindo a eficácia da ferramenta em promover metodologias ativas.

#### 4.5.1.3 Funcionalidades Mais Utilizadas

As funcionalidades mais populares foram:

- **Reações:** utilizadas por 90% dos participantes para expressar compreensão durante as aulas
- **Dúvidas anônimas:** utilizadas por 90% dos participantes, sugerindo eficácia desta funcionalidade em reduzir barreiras de participação
- **Execução de código:** utilizadas por 80% dos participantes, demonstrando valor especial para disciplinas práticas
- **Quizzes:** utilizados por 100% dos participantes, evidenciando o potencial para avaliação formativa

Os dados completos em Figura 4.17 revelam que todas as funcionalidades principais do sistema foram efetivamente utilizadas pelos participantes, com destaque para as funcionalidades de *feedback* rápido (reações e *quizzes*) que obtiveram maior taxa de adoção. A distribuição das respostas mostrou concentração consistente nas notas mais altas (4 e 5), com valores mínimos raramente abaixo de 3, indicando aceitação geral positiva da ferramenta.

#### 4.5.1.4 Redução de Carga e Facilitação da Comunicação

Sobre a redução da carga de trabalho do professor (Figura 4.17), 50% dos participantes atribuíram notas 4 ou 5, indicando uma percepção moderadamente positiva. Já na facilitação da comunicação, 90% dos participantes atribuíram notas máximas (4 ou 5), demonstrando que o *bot* efetivamente melhorou os canais de comunicação entre professor e alunos.

#### 4.5.1.5 Aceitação e Adoção

Um indicador importante de sucesso foi a alta disposição para adoção da ferramenta (Figura 4.18): 100% dos participantes manifestaram desejo de que o *bot* fosse utilizado em mais aulas (notas 4 ou 5). Este resultado sugere forte aceitação e potencial de adoção real da tecnologia.

### 4.5.2 Análise Qualitativa

A análise dos comentários textuais forneceu *insights* valiosos sobre a experiência dos usuários e direcionamentos para melhorias futuras. As respostas qualitativas completas dos participantes estão apresentadas no Apêndice A. A Seção 4.5.2.1 destaca os aspectos mais

valorizados pelos participantes, a Seção 4.5.2.2 aborda as limitações e sugestões de melhoria identificadas, a Seção 4.5.2.3 discute o impacto percebido na dinâmica educacional, e a Seção 4.5.2.4 apresenta considerações sobre a adoção real da ferramenta.

#### 4.5.2.1 Aspectos Mais Valorizados

Os participantes destacaram consistentemente o valor do anonimato como principal benefício da ferramenta. Comentários como “Poder comentar em anônimo e não ser necessário responder em áudio” e “Possibilidade do anonimato” foram recorrentes, demonstrando que esta funcionalidade efetivamente reduz barreiras de participação em ambientes remotos.

A interatividade foi outro aspecto amplamente elogiado, com destaque para a capacidade de “tornar o chat um canal mais viável para interagir com o professor” e “poder responder digitando e não precisar falar”. Estes comentários sugerem que o *bot* conseguiu criar alternativas eficazes aos modelos tradicionais de interação em aulas remotas.

O *dashboard* do professor recebeu elogios específicos por permitir “resumir o chat dos alunos ao final da aula” e “conseguir criar enquetes de maneira bem intuitiva”, demonstrando que a separação entre canal de comando e canal de interação foi bem-sucedida.

#### 4.5.2.2 Limitações e Sugestões de Melhoria

A principal crítica recorrente refere-se à interface de comandos. Múltiplos participantes sugeriram substituir comandos de texto por botões interativos: “Uma maneira mais fácil de responder coisas sem ter que usar comandos, por exemplo, botão” e “Responder de maneira mais fácil, sem ter que usar comandos, utilizando um botão”.

Outras sugestões incluem:

1. Melhorar a experiência de resposta inline (evitar modais para comandos simples)
2. Implementar notificações mais proeminentes para o professor: “Aparecer notificações pro professor quando chega pergunta”
3. Adicionar controles para moderação de conteúdo anônimo: “Opção de bloquear perguntas anonimizadas, já que tem gente que pode se aproveitar”
4. Desenvolver *exports* em formatos mais amigáveis que JSON

#### 4.5.2.3 Impacto na Dinâmica Educacional

Os comentários fornecem indícios que o *bot* alterou a dinâmica das aulas remotas. Um participante observou que a ferramenta “torna o chat um canal mais viável para interagir com o professor, geralmente o professor esquece o chat e foca somente no canal de voz”, indicando que o sistema conseguiu abordar uma limitação real do ensino remoto.

A redução do isolamento também foi mencionada, com participantes relatando que a ferramenta “reduziu sensação de isolamento”, sugerindo que as funcionalidades interativas contribuíram para um senso maior de comunidade virtual. Esta percepção é crucial para o sucesso de metodologias ativas, que dependem do engajamento e da sensação de pertencimento dos estudantes.

Aspectos técnicos também foram valorizados, com participantes destacando que a ferramenta permite “conseguir visualizar melhor as interações via chat nas aulas”, indicando que o *dashboard* efetivamente melhora a capacidade do professor de monitorar e responder às necessidades dos alunos em tempo real.

#### 4.5.2.4 Considerações sobre Adoção Real

Os comentários indicam que, apesar das limitações de interface identificadas, os participantes reconheceram o valor pedagógico da ferramenta. A disposição para uso em contextos reais foi expressa tanto por aspectos técnicos (“consegue visualizar melhor as interações via chat nas aulas”) quanto pedagógicos (“permite que você faça perguntas sem que seus colegas julguem você”).

Esta análise qualitativa apresenta indícios de que o *bot* atendeu aos objetivos principais de facilitar metodologias ativas em ambientes remotos, embora melhorias na experiência do usuário possam amplificar significativamente sua eficácia e adoção.

É importante notar que este experimento foi conduzido em ambiente controlado com duração limitada. Os dados apresentados refletem impressões iniciais dos participantes e podem não capturar completamente os efeitos de uso prolongado da ferramenta em contextos educacionais reais. Conforme observado por um participante, o sistema possui potencial para “conseguir visualizar melhor as interações via chat nas aulas”, mas sua eficácia em longo prazo requer validação adicional em contextos educacionais autênticos.

A coleta de dados foi realizada através de questionário estruturado disponibilizado via Google Forms, com gráficos gerados automaticamente pela plataforma. A análise combinou dados quantitativos com análise temática dos comentários qualitativos, proporcionando uma visão abrangente da percepção dos usuários sobre a ferramenta.

## 5 CONCLUSÃO

A implementação do *bot* desenvolvido com a biblioteca Concord demonstrou que é possível integrar, de forma natural e não invasiva, tecnologias de interação ativa ao ambiente de ensino remoto. A ferramenta permitiu que alunos interagissem com o conteúdo de aula e expressassem *feedbacks* espontâneos, contribuindo para a adaptação do professor em tempo real.

Como apresentado no Capítulo 4, o experimento validou a hipótese central de que *bots* educacionais podem efetivamente facilitar metodologias ativas em ambientes remotos. Os resultados detalhados, apresentados na Seção 4.5, demonstraram resultados promissores em múltiplas dimensões pedagógicas e técnicas, sugerindo a viabilidade e eficácia da abordagem proposta.

O Capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 5.1 discute as limitações identificadas no estudo e suas implicações, a Seção 5.2 destaca as contribuições do trabalho para o campo da educação mediada por tecnologia, e finalmente, a Seção 5.3 apresenta direções para trabalhos futuros que podem expandir e aprimorar os resultados obtidos.

### 5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A metodologia e implementação deste trabalho apresentam algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados e no planejamento de estudos futuros:

1. **Amostra limitada:** O número de participantes e disciplinas pode não representar adequadamente todos os contextos educacionais, restringindo a generalização dos resultados.
2. **Efeito novidade:** O interesse inicial pela tecnologia pode ter influenciado positivamente os resultados de curto prazo, um fenômeno comum em estudos de novas tecnologias educacionais.
3. **Viés de seleção:** Os participantes voluntários podem não representar adequadamente o perfil completo de alunos e professores, particularmente no que se refere a diferentes níveis de familiaridade tecnológica.
4. **Duração reduzida:** Enquanto um curso real se estende por semanas ou meses, o experimento teve duração limitada, impossibilitando a observação de efeitos de longo prazo como adaptação dos usuários, fadiga ou mudanças no engajamento ao longo do tempo.
5. **Diversidade contextual:** O experimento foi realizado em um contexto específico (disciplina de programação em nível de graduação), o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos educacionais que possuem necessidades e dinâmicas distintas.
6. **Ambiente simulado:** Embora o experimento tenha buscado recriar condições próximas à realidade, o ambiente de sala de aula simulado pode não ter reproduzido completamente as dinâmicas e desafios de um curso real, como discutido na Seção 2.3.1. Os participantes estavam cientes de que estavam em um experimento, o que pode ter afetado seu comportamento (efeito *Hawthorne*).

7. **Avaliação de IHC:** Conforme discutido na Seção 2.3.2, interfaces centradas no usuário exigem avaliações extensivas. O experimento realizado pode não ter capturado todos os aspectos de usabilidade e experiência do usuário necessários para uma avaliação completa dos princípios de *design* centrado no usuário.
8. **Limitações técnicas:** A implementação em C usando a biblioteca Concord, embora tenha proporcionado controle granular sobre a *API*, pode apresentar desafios de manutenção e extensibilidade em comparação com linguagens de mais alto nível.

Reconhecer estas limitações oferece perspectivas importantes para a interpretação dos resultados e para o direcionamento de pesquisas futuras neste campo.

## 5.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho contribui para o campo da educação digital ao:

1. Demonstrar a viabilidade de integração sutil de tecnologias interativas no ensino remoto usando metodologias ativas
2. Fornecer evidências empíricas sobre o impacto positivo de *bots* educacionais no engajamento
3. Propor uma arquitetura flexível e de baixo impacto para interações educacionais
4. Estabelecer métricas para avaliação da eficácia de ferramentas de interação em ambientes virtuais

## 5.3 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se:

1. Expandir a aplicação do *bot* para outros contextos e disciplinas além da programação
2. Integrar suporte a outras plataformas educacionais (como Moodle, Google Meet, BBB (*Big Blue Button*), etc.)
3. Explorar o uso de inteligência artificial para tornar os *feedbacks* ainda mais personalizados e contextuais
4. Realizar estudos longitudinais para avaliar o impacto a longo prazo no desempenho acadêmico
5. Desenvolver recursos adicionais para análise de padrões de interação e geração de insights pedagógicos
6. Investigar o potencial do *bot* como ferramenta de avaliação contínua e formativa
7. Desenvolver *dashboards* com métricas visuais consolidadas de engajamento e participação dos alunos

A promissora interseção entre tecnologia e educação continua a oferecer oportunidades para melhorar a experiência de ensino-aprendizagem, especialmente em contextos remotos, e o presente trabalho busca contribuir com este avanço.

## REFERÊNCIAS

- [1] X. Huang. Chatbot: Design, architecture, and applications. Master's thesis, University of Pennsylvania, 05 2021. ASCS CIS 498 Senior Capstone Thesis.
- [2] Fabiane Viana, Diego Jorge Dantas, and Ferreira. A COVID-19 e os desafios educacionais. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 05:1–22, 04 2024. doi: 10.55470/relaec.44455.
- [3] Michael Prince. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93:223–231, 07 2004. doi: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- [4] Elaine Yew and Karen Goh. Problem-based learning: An overview of its process and impact on learning. *Health Professions Education*, 2:75–79, 05 2016. doi: 10.1016/j.hpe.2016.01.004.
- [5] David van Alten, C. Phielix, Jeroen Janssen, and Liesbeth Kester. Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 28:1–18, 06 2019. doi: 10.1016/j.edurev.2019.05.003.
- [6] Marjan Laal and Seyed Ghodsi. Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31:486–490, 12 2012. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.12.091.
- [7] Chinedu Wilfred Okonkwo and Abejide Ade-Ibijola. Chatbots applications in education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2:100033, 2021. doi: 10.1016/j.caeai.2021.100033.
- [8] Charles Hodges, Stephanie Moore, Barbara Lockee, Torrey Trust, and Mark Bond. The difference between emergency remote teaching and online learning, 03 2020.
- [9] Rainer Winkler and Matthias Söllner. Unleashing the potential of chatbots in education: A state-of-the-art analysis. *Academy of Management Proceedings*, 2018:15903, 04 2018. doi: 10.5465/AMBPP.2018.15903abstract.
- [10] Olaf Zawacki-Richter, Victoria I. Marín, Melissa Bond, and Franziska Gouverneur. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16:39, 10 2019.
- [11] Joseph Seering, Juan Pablo Flores, Saiph Savage, and Jessica Hammer. The social roles of bots: Evaluating impact of bots on discussions in online communities. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2(CSCW):1–29, 11 2018. doi: 10.1145/3274426.
- [12] Songhee Han and Min Kyung Lee. Faq chatbot and inclusive learning in massive open online courses. *Computers & Education*, 179:104395, 2022. doi: 10.1016/j.compedu.2021.104395.
- [13] Roy Pea. User centered system design: New perspectives on human-computer interaction. *Journal educational computing research*, 3, 01 1987. available via HAL: fhal-00190545f.
- [14] D. A. Norman. *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. MIT Press, 2013.



- [15] John Sweller. *Cognitive Load Theory*. Elsevier, 2023. doi: 10.1016/B978-0-12-818630-5.14020-5.
- [16] B. W. Kernighan and D. M. Ritchie. *The C Programming Language*. Prentice Hall, 2 edition, 1988.
- [17] Katrien Verbert, erik duval, Joris Klerkx, Sten Govaerts, and José Santos. Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57:1500–1509, 09 2013. doi: 10.1177/0002764213479363.
- [18] Lucas Müller. Concord: Lightweight discord API c library. <https://github.com/Cogmasters/concord>, 2025. Accessed: June 1, 2025.
- [19] Ho Hien, Cuong Pham-Nguyen, Nam Le Nguyen Hoai, Ho Nhung, and Thang Le Dinh. Intelligent assistants in higher-education environments: The FIT-EBot, a chatbot for administrative and learning support. In *Proceedings of the ninth international symposium on information and communication technology*, pages 69–76, 01 2018. ISBN 978-1-4503-6539-0. doi: 10.1145/3287921.3287937.
- [20] Stavros Demetriadis, Stergios Tegos, Georgios Psathas, Thrasyvoulos Tsiatsos, Armin Weinberger, Santi Caballé, Yannis Dimitriadis, Eduardo Gómez-Sánchez, Pantelis Papadopoulos, and Anastasios Karakostas. Conversational agents as group-teacher interaction mediators in moocs. In *2018 Learning With MOOCS (LWMOOCS)*, pages 43–46, 09 2018. doi: 10.1109/LWMOOCS.2018.8534686.
- [21] Robert Dale. The return of the chatbots. *Natural Language Engineering*, 22:811–817, 09 2016. doi: 10.1017/S1351324916000243.
- [22] Meisam Eslahi, Rosli Salleh, and Nor Anuar. Bots and botnets: An overview of characteristics, detection and challenges. In *2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering*, pages 349–354, 11 2012. doi: 10.1109/ICCSCE.2012.6487169.
- [23] Carlene Lebeuf, Alexey Zagalsky, Matthieu Foucault, and Margaret-Anne Storey. Defining and classifying software bots: a faceted taxonomy. In *2019 IEEE/ACM 1st international workshop on bots in software engineering (BotSE)*, pages 1–6. IEEE, 2019. doi: 10.1109/BotSE.2019.00008.
- [24] Ligiane Nascimento and Silva. Transformando a educação online: Os impactos da inteligência artificial nos cursos à distância. <http://gestaouniversitaria.com.br/artigos/transformando-a-educacao-online-os-impactos-da-inteligencia-artificial-nos-cursos-a-distancia>, 04 2024.
- [25] Teresa Cristina Calvo and Maté. Estudo sobre a aprendizagem dialógica em ambientes virtuais de aprendizagem. Master’s thesis, IFES, 2013. Repositório IFES.
- [26] J. Piaget. *Structuralism*. Basic Books, 1970.
- [27] Stefan Pietrusky. Development of a chatbot in botpress with own knowledge base and implementation in moodle to support students, 04 2024. URL <https://medium.com/@stefanpietrusky/development-of-a-chatbot-in-botpress-with-own-knowledge-base-and-implementation-in-moodle-to-55d3a46cbaff>.

- [28] Anna Wright, Jillian Rubman, and Joseph Zacher. Enhancing active learning with slack, 08 2024. URL <https://mitsloanedtech.mit.edu/2024/08/28/enhancing-active-learning-with-slack/>.
- [29] Dayana Espinoza, Andre Medina, and Laberiano Andrade-Arenas. Design of the discord application as an e-learning tool at the university of sciences and humanities. 01 2021. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.9.
- [30] Discord.js Team. Discord.js Documentation. <https://discord.js.org/>, 2025. Accessed: June 1, 2025.
- [31] Rapptz. Discord.py Documentation. <https://discordpy.readthedocs.io/>, 2025. Accessed: June 1, 2025.
- [32] Arnold Pears, Stephen Seidman, Lauri Malmi, Linda Mannila, Elizabeth Adams, Jens Bennedsen, Marie Devlin, and James Paterson. A survey of literature on the teaching of introductory programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39:204–223, 12 2007. doi: 10.1145/1345375.1345441.
- [33] Jiaqi Yin, Tiong-Thye Goh, Bing Yang, and Yi Hu. Using a chatbot to provide formative feedback: A longitudinal study of intrinsic motivation, cognitive load, and learning performance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, PP:1–13, 01 2024. doi: 10.1109/TLT.2024.3364015.
- [34] Universidade Federal do Paraná, Departamento de Informática. Ci1055 — algoritmos e estruturas de dados i: Ementa e plano de ensino. Ficha de Disciplina (Unidade Didática) CI1055, Universidade Federal do Paraná, 09 2021. URL <https://www.inf.ufpr.br/bcc/periodos/2021-1/CI1055.pdf>. Semestre 2021-1, Ensino Remoto Emergencial (ERE), carga horária total de 60 h.

## APÊNDICE A – RESPOSTAS QUALITATIVAS DOS PARTICIPANTES

Este apêndice apresenta as respostas qualitativas completas dos participantes coletadas através do questionário Google Forms. As perguntas abertas permitiram aos participantes expressar suas opiniões detalhadas sobre aspectos específicos da ferramenta, complementando a análise quantitativa apresentada na Seção 4.5.2.

O que mais gostou?

10 respostas

Poder comentar em anonimo e não ser necessario responder em audio

Possibilidade fo anonimato

Aluno:

- Torna o chat um canal mais viável para interagir com o professor, geralmente o professor esquece o chat e foca somente no canal de voz, com esse dashboard e bot, o professor consegue visualizar melhor as interações via chat nas aulas

- É possível anonimizar sua pergunta se a pessoa for mais acanhada para perguntar

- Só o professor consegue ver sua pergunta, anonimizada ou não, permitindo que você faça perguntas sem que seus colegas julguem você, como duvidar da sua capacidade ou apontar que você está atrasando a aula

Professor:

- Resume o chat dos alunos ao final da aula

- Consegue criar enquetes de maneira bem intuitiva

- Consegue compartilhar trechos de códigos de maneira simplificada

- Verificação dos campos de texto para evitar que você mande perguntas/enquetes vazias

gostei de responder digitando e nao precisar falar

Da possibilidade de perguntar ao professor e testar meus conhecimentos com quizzes.

Poder responder e perguntar coisas de maneira anônima

interatibilidade com o uso do dashboard

Figura A.1: (Parte 1) "O que mais gostou?- Comentários dos participantes sobre os aspectos mais valorizados da ferramenta.

Perguntas anônimas

os Poll

Gostei da opção do estudante mandar mensagem privadas para o professor durante a aula dentro da dashboard. Isso permite que o estudante consigo na aula ao vivo mandar questões particulares para o professor, sem precisar se expor no chat coletivo para comunicar.

Figura A.2: (Parte 2) "O que mais gostou? - Comentários dos participantes sobre os aspectos mais valorizados da ferramenta.

O que poderia melhorar?

10 respostas

destacar a mensagem do professor, mostrar as respostas dos colegas, na hora de escrever /answer já poder colocar a resposta aqui

Responder de maneira mais fácil, sem ter que usar comandos, utilizando um botão.

Para professores, acompanhar o dashboard e dar a aula com slides requer o uso de 2 telas

Aluno:

- Perguntas e respostas poderiam ser inline como "/ask minha pergunta 123?" poderia já mandar a pergunta "minha pergunta 123?" ao invés de abrir um popup só para escrever a pergunta/resposta

- O canal/chat da aula é fechada no final da aula, poderia ter um lifetime ou não fechar at all, porque assim é possível salvar conversa para posterior consulta

- Perguntas de alunos que o professor responder, poderia adicionar no chat, para melhor contextualização, anonimizado obviamente porque não acrescenta em nada saber que João perguntou X

Professor:

- Opção de download do dashboard da aula só em JSON, com IDs numéricos do Discord, acho que um export PDF com valores em alto nível seria mais útil, já que dá para usar um chat gpt para conseguir resumir a aula depois, ao invés de implementar um próprio script para resumir json

- Não tem opção de bloquear perguntas anonimizadas, já que tem gente que pode se aproveitar do anonimizado para transmitir ódio

- Não remove dependência com o chat do discord, poderia ter um quadro com todo o chat ou padronizar mensagens sem tag (pergunta, resposta) como uma das opções

- Falta ter um autocomplete no código ao gerar novas aulas através do dashboard

Figura A.3: (Parte 1) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes.

- Botão de fechar aula deveria estar em cima

destacar mensagem do professor, poder responder no chat mesmo no /answer, ficou um pouco confuso que abre um modal

A opção de mandar coisas anonimamente poderia ser mais fácil de utilizar, algumas vezes tive que sair do menu para poder fazer isso.

Figura A.4: (Parte 2) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes.

Uma maneira mais fácil de responder coisas sem ter q usar comandos, por exemplo, botão

n sei, achei tudo mto legal

Limitar as reações a uma por aluno e apenas as opções disponíveis. Aparecer notificações pro professor quando chega pergunta. Adicionar um botão no lugar do /answer

comandos não são muito intuitivos ( /ask)

- As perguntas no privado poderiam serem enviadas de forma anônima ou identificadas com o nome do estudante. Ficando a cargo do professor em configurar se ele aceita ambos tipos de pergunta ou somente as identificadas. (Isso evita que professores passem por algum constrangimento quando tem a opção anônima)

- Pensando que o foco está nas interações, acredito que teria que ter um ajuste dentro disso. Onde as respostas dos colegas dentro de uma pergunta pudessem serem compartilhadas ali no coletivo, não somente enviadas para o professor via dashboard. Isso abriria mais espaço para as interações, principalmente entre os estudantes, que também é importante de ocorrer dentro dessas aulas. Importante enviar essas respostas para a dashboard, como forma de registro, porém, tem que abrir esse espaço da interação coletiva. Claro que isso é pensando em perguntas que o professor busque essas respostas coletivas e públicas.

Figura A.5: (Parte 3) "O que poderia melhorar? - Sugestões de melhorias e limitações identificadas pelos participantes.

Estas respostas qualitativas forneceram a base para a análise temática apresentada na Seção 4.5.2, permitindo identificar padrões recorrentes nos comentários dos participantes e direcionamentos específicos para melhorias futuras da ferramenta.

## APÊNDICE B – REPOSITÓRIO DO CÓDIGO-FONTE

O código-fonte desenvolvido para esta pesquisa, incluindo o *bot* educacional e o dashboard de controle pedagógico, está disponível publicamente em:

`https://github.com/lcsmuller/active-learning-bot`

Este repositório contém:

- Implementação completa do *bot* educacional
- Dashboard de acompanhamento pedagógico
- Documentação técnica para reprodução do experimento