



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Lamego

SISTEMA INTEGRADO DE CONVERSACÃO ONLINE COM ANÁLISE DE DADOS DOCUMENTAIS

Pedro Saavedra

Lamego, 30 de janeiro de 2026



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Lamego

Sistema Integrado de Conversação Online com Análise de dados documentais – Acessibilidades com Foco nos Utilizadores com Necessidades Especiais

Pedro Daniel Fonseca Saavedra

Monografia

Mestrado em Tecnologias de Informação e Automação

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professor Doutor José Paulo Ferreira Lousado

Lamego, 30 de janeiro de 2026

**SISTEMA INTEGRADO DE CONVERSAÇÃO ONLINE COM ANÁLISE DE
DADOS DOCUMENTAIS – ACESSIBILIDADES COM FOCO NOS
UTILIZADORES COM NECESSIDADES ESPECIAIS**

Autor: Pedro Daniel Fonseca Saavedra

Mestrado em Tecnologias de Informação e Automação

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego – Instituto Politécnico de Viseu

Janeiro de 2026

DEDICATÓRIA

“O poder da Web está na sua universalidade. O acesso por todos, independentemente da deficiência, é um aspeto essencial.” — Tim Berners-Lee.

Dedico esta dissertação a todos os que acreditam que a tecnologia deve servir a igualdade e promover a acessibilidade digital como um direito humano fundamental. Às pessoas com necessidades especiais, cuja experiência, resiliência e coragem inspiram a construção de soluções tecnológicas mais justas e humanas. À minha família e professores, pelo incentivo, pela confiança e pelo exemplo constante de dedicação e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Doutor José Paulo Ferreira Lousado, pelo apoio, orientação e incentivo ao longo deste trabalho. Agradeço ainda à Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego e ao Instituto Politécnico de Viseu pelo ambiente académico e pelos recursos disponibilizados. Por fim, à minha família e colegas pelo apoio incondicional.

RESUMO

Esta dissertação propõe o desenvolvimento de um sistema integrado de conversação online com análise de dados documentais, visando melhorar a acessibilidade para utilizadores com necessidades especiais em contextos de e-Learning. A solução baseia-se na integração de um *chatbot* alimentado por Inteligência Artificial (IA), com suporte de *Text-to-Speech* (TTS) e *Speech-to-Text* (STT), permitindo interações em linguagem natural, com resposta a consultas baseadas em documentos internos. O trabalho combina metodologias qualitativas e quantitativas para avaliar a eficácia, usabilidade e acessibilidade da ferramenta.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, *Chatbots*, Acessibilidade Digital, Educação Inclusiva, TTS/STT.

ABSTRACT

This dissertation proposes the development of an integrated online conversational system with document data analysis, aimed at improving accessibility for users with special needs in e-Learning contexts. The solution integrates an Artificial Intelligence (AI) powered chatbot with Text-to-Speech (TTS) and Speech-to-Text (STT) capabilities, allowing natural language interaction and document-based question answering. The study applies mixed qualitative and quantitative methods to assess the system's effectiveness, usability, and accessibility.

Keywords: Artificial Intelligence, Chatbots, Digital Accessibility, Inclusive Education, TTS/STT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Casos de Uso	52
Figura 2 - Workflow do Sistema.....	54
Figura 3 - Protótipo Funcional criado na Fase 1	62
Figura 4 - Terminal VS Code durante testes.....	63
Figura 5 - Exemplos de cenários testados e consequente avaliação	64
Figura 6 - Exemplo de log para interação por voz.....	67
Figura 7 - Pergunta efetuada por voz.....	69
Figura 8 - Resposta à pergunta efetuada	70
Figura 9 - Exemplo do registo automático dos <i>logs</i>	70
Figura 10- Distribuição das latências (histograma)	79
Figura 11 - Latência por disciplina (boxplot)	80
Figura 12 - Latência média por disciplina (barras).....	80
Figura 13 - Relação entre tamanho da resposta e latência (dispersão)	81
Figura 14 - Documentos mais citados (Top PDFs).....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métricas e Critérios.....	78
Tabela 2 - Resultados obtidos.....	78
Tabela 3 - Pedidos por disciplina e respectivas métricas	79

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Precisão de Resposta.....	72
Fórmula 2 - Tempo Médio de Resposta.....	72
Fórmula 3 - Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz	73
Fórmula 4 - Clareza da Voz Sintetizada	73
Fórmula 5 - Estabilidade do Sistema	73

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CRPD – *Convention on the Rights of Persons with Disabilities* (Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência)

DEIA – Diversidade, Equidade, Inclusão e Acessibilidade

ENIPD – Estratégia Nacional para a Inclusão das Pessoas com Deficiência 2021-2025

IA – Inteligência Artificial

LMS – *Learning Management Systems* (Sistema de Gestão de Aprendizagem)

LTI – *Learning Tools Interoperability*

ML – *Machine Learning*

NEE – Necessidades Educativas Especiais

NLG – *Natural Language Generation*

NLP - *Natural Language Processing* (Processamento de Linguagem Natural)

NLU - *Natural Language Understanding*

RAG – *Retrieval-augmented Generation*

STT – *Speech-to-Text* (Fala para Texto)

TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TTS – *Text-to-Speech* (Texto para Fala)

WCAG – *Web Content Accessibility Guidelines*

ONU – Organização das Nações Unidas

ISO – *International Organization for Standardization*

ETSI – *European Telecommunications Standards Institute* (Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações)

GPTs – *Generative Pre-trained Transformers*

ALICE – *Artificial Linguistic Internet Computer Entity*

AIML – *Artificial Intelligence Markup Language*

XML – eXtensible Markup Language

API – *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)

REST – Representational State Transfer

CTC – *Connectionist Temporal Classification*

ASR – *Automatic Speech Recognition* (Reconhecimento Automático de Fala)

ÍNDICE

Conteúdo

DEDICATÓRIA	2
AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FÓRMULAS	8
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	9
ÍNDICE	10
INTRODUÇÃO	14
I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	17
I.1. Educação Inclusiva e Acessibilidade Digital no Ensino Superior.....	18
I.1.1. Conceito de inclusão e acessibilidade em contextos Acadêmicos	18
I.1.2. Políticas e normativos internacionais e nacionais sobre acessibilidade	19
I.1.3. Barreiras e desafios enfrentados por estudantes com necessidades especiais .	21
I.1.4. O papel das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na inclusão	22
I.1.5. Plataformas de <i>e-Learning</i> e acessibilidade	23
I.2. Inteligência Artificial Aplicada à Educação	25
I.2.1. Fundamentos de Inteligência Artificial e Aprendizagem Automática	25
I.2.2. Aplicações de IA na personalização da aprendizagem.....	26
I.2.3. Tecnologias de apoio tradicionais	27
I.2.4. Questões éticas, de privacidade e equidade na IA educativa	29

I.3. <i>Chatbots</i> Educacionais e Ambientes de Conversação Inteligentes	31
I.3.1. Evolução dos sistemas de diálogo e <i>chatbots</i>	31
I.3.2 Aplicação de <i>chatbots</i> na educação	33
I.3.3. Arquiteturas e frameworks (NLP, NLU, Rasa, Dialogflow).....	35
I.3.4. Integração de <i>chatbots</i> em plataformas LMS	35
I.3.5. <i>Chatbots</i> inclusivos: apoio a estudantes com necessidades especiais	37
I.4. Tecnologias de apoio de Fala e Voz.....	38
I.4.1. Fundamentos de TTS e STT	38
I.4.2. Tecnologias de voz: APIs, ferramentas e integrações multimodais	40
I.4.3. Usabilidade e impacto das interfaces de voz na acessibilidade.....	41
I.4.4. Limitações atuais e tendências futuras das interfaces multimodais	42
I.5. Síntese Crítica do Estado da Arte	44
I.5.1. Lacunas e oportunidades identificadas	44
I.5.2. Justificação da investigação.....	47
II. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	49
II.1 Abordagem e paradigma de investigação.....	49
II.1.1. Natureza da investigação.....	49
II.1.2. Paradigma e racional metodológico	49
II.2 Requisitos Funcionais do Sistema.....	51
II.3 Requisitos Não Funcionais do Sistema	52
II.4 Workflow do Sistema Proposto.....	54
III. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO E PROVA DE CONCEITO	55
III.1. Desenho da investigação e plano de trabalho	55
III.1.1. Estrutura experimental	55
III.1.1.1. Requisitos Mínimos	56

III.1.1.2. Características do equipamento utilizado	56
III.1.2. Arquitetura funcional do sistema	57
III.1.3. Componentes Principais.....	58
III.1.4. Tecnologias e ferramentas utilizadas	59
III.1.5. Plano de desenvolvimento e integração	59
III.2. Etapas do estudo	60
III.2.1. Fase 1 – Desenvolvimento do protótipo	60
III.2.2. Fase 2 – Integração e testes técnicos.....	62
III.2.3. Fase 3 – Avaliação experimental	63
III.2.4. Fluxo de funcionamento	64
III.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados	68
III.3.1. Registo automatizado de interações.....	68
III.3.2. Métricas de desempenho.....	68
III.3.3. Registos de áudio e transcrições	69
III.3.4. Registo das respostas e fontes documentais.....	70
III.3.5. Observação direta dos resultados.....	71
III.3.6. Controlo experimental e repetição dos testes.....	71
III.4. Técnicas de análise de dados	71
III.4.1. Cálculo das métricas	71
III.4.1.1. Precisão de Resposta (PR)	72
III.4.1.2. Tempo Médio de Resposta (TMR)	72
III.4.1.3. Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz (TERV)	72
III.4.1.4. Clareza da Voz Sintetizada (CVS).....	73
III.4.1.5. Estabilidade do Sistema (ES).....	73
III.4.2. Análise quantitativa	74

III.4.3. Análise qualitativa	74
III.4.4. Síntese e ligação à avaliação.....	75
III.5. Considerações éticas da investigação	75
III.5.1. Privacidade e execução local	75
III.5.2. Ausência de participantes humanos	75
III.5.3. Transparência e rastreabilidade.....	76
III.5.4. Reprodutibilidade e integração científica	76
IV. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA	77
IV.1. Cenários de teste e caracterização da amostra.....	77
IV.2. Métricas e critérios de avaliação.....	77
IV.3. Resultados obtidos e interpretação	78
IV.4. Discussão face à literatura e aos objetivos da investigação.....	82
IV.5. Limitações do estudo	82
V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	83
V.1. Síntese e contributos do estudo.....	83
V.2. Conclusões face às hipóteses e questões de investigação	83
V.3. Implicações teóricas, práticas e tecnológicas.....	83
V.4. Recomendações e trabalhos futuros.....	84
V.5. Considerações finais	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS	91

INTRODUÇÃO

A crescente integração das tecnologias digitais no ensino superior tem vindo a transformar profundamente os modelos tradicionais de ensino e aprendizagem, impulsionando o desenvolvimento de plataformas de *e-Learning* e de ferramentas de apoio ao estudo baseadas em sistemas inteligentes. Neste contexto, a utilização de Inteligência Artificial (IA) tem permitido criar soluções capazes de personalizar o acesso à informação, automatizar processos de apoio ao estudante e melhorar a eficiência na gestão do conhecimento académico.

Paralelamente, a promoção da acessibilidade digital e da educação inclusiva assume um papel central nas políticas educativas contemporâneas, exigindo que os ambientes de aprendizagem sejam concebidos de forma a responder às necessidades de utilizadores com diferentes perfis e limitações, nomeadamente pessoas com dificuldades visuais, motoras ou de leitura. Apesar dos avanços registados, muitas plataformas de *e-Learning* continuam a apresentar barreiras no acesso à informação, especialmente quando esta se encontra dispersa em múltiplos documentos textuais.

Neste cenário, os assistentes virtuais e *chatbots* inteligentes emergem como uma solução promissora, permitindo interações em linguagem natural e facilitando a consulta de conteúdos académicos. A integração de tecnologias de STT (*Speech-to-Text*) e TTS (*Text-to-Speech*) potencia ainda mais estas soluções, ao possibilitar uma interação multimodal que favorece a acessibilidade e a inclusão.

Apesar da disponibilidade crescente de documentos académicos em formato digital, os estudantes enfrentam frequentemente dificuldades em localizar informação relevante de forma rápida e eficaz, sobretudo em contextos de e-Learning. Este problema é particularmente acentuado para utilizadores com necessidades especiais, para os quais a leitura intensiva de documentos extensos pode constituir uma barreira significativa.

Adicionalmente, muitas soluções baseadas em *chatbots* não garantem que as respostas fornecidas estejam diretamente fundamentadas nos conteúdos académicos disponibilizados, levantando questões relacionadas com a fiabilidade, rastreabilidade e qualidade da informação.

Assim, coloca-se a seguinte questão de investigação:

É possível desenvolver um assistente virtual académico acessível, capaz de responder de forma precisa e fundamentada a perguntas baseadas em documentos internos, integrando interação por texto e voz, e mantendo um desempenho técnico adequado em contexto de e-Learning?

O objetivo geral desta dissertação consiste na obtenção de uma resposta à questão, através do desenvolvimento e avaliação de um sistema integrado de conversação online, suportado por IA, que permita responder a consultas baseadas em documentos académicos e ofereça mecanismos de acessibilidade através de interação por voz.

De forma mais específica, o estudo pretende:

- conceber uma arquitetura capaz de integrar processamento de linguagem natural, pesquisa semântica e tecnologias de voz;
- desenvolver um protótipo funcional de *chatbot* académico com suporte a STT e TTS;
- avaliar o desempenho técnico do sistema, nomeadamente em termos de precisão das respostas, tempo de resposta, estabilidade e qualidade da interação vocal;
- analisar o potencial da solução como ferramenta de apoio ao estudo em ambientes de *e-Learning* inclusivos.

A relevância do estudo reside no seu contributo para a área da educação digital inclusiva, demonstrando a viabilidade de soluções tecnológicas que promovem o acesso equitativo à informação académica enquanto exploram abordagens recentes no domínio da IA aplicada à educação.

A presente dissertação encontra-se organizada em quatro capítulos principais:

- Capítulo I – Fundamentação teórica e revisão da literatura;
- Capítulo II – Metodologia de Investigação e Desenvolvimento do Sistema, que descreve a abordagem metodológica adotada, o desenho experimental, o desenvolvimento do sistema e as técnicas de recolha e análise de dados;
- Capítulo III – Resultados e Avaliação da Ferramenta, onde são apresentados e analisados os resultados obtidos na fase experimental, bem como a discussão face aos objetivos e à literatura;

- Capítulo IV – Conclusões e Trabalhos Futuros, que sintetiza os principais contributos do estudo, apresenta as conclusões finais e propõe linhas de investigação futura.

Esta estrutura visa assegurar uma progressão lógica e coerente do trabalho, desde a contextualização teórica até à validação empírica e reflexão final sobre os resultados obtidos.

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Recentemente, o setor educativo tem registado um crescimento significativo da utilização de IA como meio de personalizar e adaptar os processos de aprendizagem. Cada vez é maior a quantidade de plataformas de *e-Learning* que integram sistemas tutoriais inteligentes, *chatbots* (sistemas de *software* que simulam conversação humana para compreender pedidos em linguagem natural e responder de forma automática, via texto ou voz) e assistentes virtuais, com o objetivo de apoiar estudantes na resolução de dúvidas e na navegação pelos conteúdos. A incorporação de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e de fala, ou seja, STT e TTS, tem permitido interações mais naturais e inclusivas, especialmente para utilizadores com deficiência ou limitações sensoriais [1].

O estudo publicado em 2023 por Labadze et al. [2] refere que os *chatbots* têm a capacidade de fornecer assistência imediata e acesso rápido à informação, contribuindo assim para a melhoria dos resultados educacionais e para uma experiência de aprendizagem aprimorada. Acrescentam que oferecem interações personalizadas que se adaptam às necessidades e preferências dos estudantes, promovendo assim um apoio contínuo e individualizado, durante o processo de aprendizagem. Nesse estudo é feita uma revisão sistemática de literatura que abrange 67 artigos publicados entre 2018 e 2023 e concluiu que, apesar de haver um contraste entre o entusiasmo dos estudantes e o ceticismo de muitos educadores, os *chatbots* oferecem ganhos relevantes para os docentes, pois libertam o tempo de tarefas rotineiras e apoiam a personalização pedagógica, enquanto que, para os estudantes, permitem reforçar o estudo ao dar-lhes feedback e explicações passo a passo, promovem a motivação e ajudam no desenvolvimento de competências, como a escrita, a resolução de problemas e o trabalho colaborativo. Em paralelo, os autores destacam preocupações com a fiabilidade, a precisão, a justiça na avaliação, a ética e a privacidade, bem como o risco de desinformação.

Paralelamente, observa-se um aumento de iniciativas voltadas à acessibilidade digital, com a integração de síntese e reconhecimento de fala em ambientes de aprendizagem, embora ainda existam lacunas na avaliação empírica da eficácia destas soluções.

I.1. Educação Inclusiva e Acessibilidade Digital no Ensino Superior

I.1.1. Conceito de inclusão e acessibilidade em contextos Académicos

A acessibilidade digital e a inclusão educativa são pilares fundamentais para a concretização de uma educação verdadeiramente equitativa e de qualidade, em conformidade com o que é exposto na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (CRPD - *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*) da ONU (Organização das Nações Unidas) adotada em 2006 e aprovada em Portugal pela Resolução da Assembleia da República 56/2009, de 7 de maio [3], da qual consta em anexo, e ratificada pelo Decreto do Presidente da República Portuguesa 71/2009, de 30 de julho [4]. Esta estabelece que a educação inclusiva visa garantir o acesso equitativo à aprendizagem, reconhecendo a diversidade como elemento constitutivo do processo educativo. Num estudo sobre a utilização da IA para melhorar a acessibilidade e inclusão no ensino superior, apresentado por Xhulio Mitre e Muhamet Zeneli na *21st International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, em 2024, os autores destacam que a remoção de barreiras físicas, pedagógicas e digitais é fundamental para garantir a plena participação dos estudantes, sendo a inclusão e a acessibilidade dimensões essenciais da qualidade universitária, que devem estar presentes nas políticas e na conceção das tecnologias educacionais [1].

O relatório final da Comissão Europeia de março de 2021, União da Igualdade: Estratégia sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência 2021-2030 [5] refere que a “transformação digital acelerada e a transição ecológica proporcionam oportunidades, graças à utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), da IA e da robótica para conceber serviços presenciais e à distância adaptados às necessidades das pessoas com deficiência. O recurso eficaz a estas tecnologias exige a eliminação dos obstáculos à acessibilidade para as pessoas com deficiência e o investimento nas suas competências digitais” e acrescenta a necessidade de “garantir a igualdade de acesso à educação e à formação orientada para o mercado de trabalho a todos os níveis”, acrescentando a responsabilidade dos Estados-Membros pela adaptação das políticas de educação e formação às necessidades das pessoas com deficiência, em conformidade com a CRPD. Neste âmbito, a acessibilidade digital pode ser entendida como a capacidade de sistemas, plataformas e conteúdos educacionais serem perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustos, permitindo que todos os

estudantes, independentemente das suas limitações sensoriais ou cognitivas consigam manter com eles uma interação efetiva.

No plano pedagógico, diversos estudos têm demonstrado que o recurso a práticas inclusivas no ensino superior contribui para a melhoria do desempenho global e para o aumento da satisfação dos estudantes. Cícera Malheiro et al. [6], no estudo publicado na revista *Dialogia* em 2023, defendem a utilização de tecnologias acessíveis e a promoção de ambientes colaborativos que favorecem a participação e autonomia dos estudantes. Os autores destacam ainda a importância de produzir materiais e recursos digitais que auxiliem os docentes no desenvolvimento de atividades inclusivas, que garantam o acesso ao currículo de forma equitativa, assim como a importância de ambientes virtuais colaborativos para a motivação da comunidade académica. A título de considerações finais referem que “a universidade tem a responsabilidade e o compromisso de difundir o conhecimento aberto e universal, considerado como aquele que é partilhado de forma acessível e gratuita, sem restrições” acrescentando também que “é significativo ressaltar que para a consolidação da inclusão no ensino superior existem outros importantes aspectos que precisam ser fomentados institucionalmente e fazer parte dos pilares da universidade (ensino, pesquisa e extensão), a fim de potencializar a troca, o apoio mútuo, a formação continuada”.

I.1.2. Políticas e normativos internacionais e nacionais sobre acessibilidade

A consolidação da acessibilidade digital no ensino superior decorre de um quadro normativo articulado em múltiplos níveis, que combina orientações internacionais, normas técnicas europeias e legislação nacional.

No plano internacional, destacam-se as *Web Content Accessibility Guidelines – WCAG 2.2* (<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>), que estabelecem critérios técnicos de conformidade assentes em quatro princípios fundamentais: perceção, operação, compreensão e robustez (*perceivable, operable, understandable, robust*). Estas diretrizes constituem a principal referência global para o desenvolvimento de conteúdos digitais acessíveis e aplicam-se a websites, aplicações, plataformas e sistemas de *e-Learning*. A ISO 9241-210:2019, *Human-centred design for interactive systems* [7], complementa essas orientações ao estabelecer princípios de design centrados nos utilizadores. Esta norma destaca a importância de compreender os utilizadores, conjuntamente com as tarefas que estes vão

desenvolver e os contextos de uso. Adicionalmente, destaca a necessidade do envolvimento contínuo dos utilizadores e demais partes interessadas em todas as fases do processo de design e desenvolvimento, assim como a realização de avaliações iterativas das soluções, com o objetivo de promover a melhoria contínua e a adequação do sistema ao utilizador e ao seu ambiente. Em conjunto, WCAG e ISO promovem uma abordagem contínua à acessibilidade, baseada em planeamento, participação e avaliação, e não apenas na verificação final de conformidade técnica.

No espaço europeu, a norma EN 301 549, do ETSI (European Telecommunications Standards Institute), traduz esses princípios em requisitos mínimos obrigatórios para produtos e serviços de TIC utilizados por entidades públicas, incluindo as instituições de ensino superior, tendo como foco garantir que sejam acessíveis a todas as pessoas, incluindo as que tenham deficiências [8].

A Diretiva (UE) 2016/2102 do Parlamento Europeu e do Conselho [9], relativa à acessibilidade dos *sites* web e das aplicações móveis dos organismos do setor público incorpora esta norma no seu artigo 6º, referindo que deve ser assegurado “... pelo menos, um nível de acessibilidade equivalente ao assegurado pela norma europeia EN 301 549”.

Em Portugal, esta diretiva foi transposta para o seu ordenamento jurídico pelo Decreto-Lei n.º 83/2018, de 19 de outubro. Este refere no seu preâmbulo que, face à atual evolução para uma sociedade cada vez mais digital “...importa adotar as medidas necessárias para tornar os *sites* web e as aplicações móveis mais acessíveis a todos, incluindo às pessoas com limitações funcionais graves, sensoriais, cognitivas ou de carácter físico...” [10], acrescentando que para estas pessoas a informação digital constitui “...uma possibilidade privilegiada de acesso”. Este decreto estabelece os requisitos de acessibilidade para os *sites* web e aplicações móveis dos organismos do setor público, alinhados com a EN 301 549 e os princípios WCAG e define ainda obrigações de declaração de acessibilidade, procedimentos de monitorização e mecanismos de reclamação [10]. A execução prática do diploma é suportada pela Administração Pública através do portal [acessibilidade.gov.pt](https://www.acessibilidade.gov.pt) (<https://www.acessibilidade.gov.pt/>), que disponibiliza modelos oficiais de Declaração de Acessibilidade e Usabilidade e orientações para a conformidade e monitorização previstas no referido decreto. Em complemento, a Estratégia Nacional para a Inclusão das Pessoas com Deficiência 2021-2025 (ENIPD), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros

nº. 119/2021, e publicada no Diário da República, 1.ª série, de 31 de agosto de 2021, da qual faz parte integrante, reforça o compromisso com a acessibilidade e a igualdade de acesso aos serviços digitais. No caso específico do Ensino superior salienta a necessidade da introdução de conteúdos relativos a acessibilidade nas áreas de TIC de diferentes cursos, sempre que seja considerado pertinente. Como reforço dos mecanismos de apoio à aprendizagem e à consolidação do atual sistema de educação inclusiva, sugere a criação de Centros de Recursos Técnicos e Pedagógicos de apoio a estudantes com deficiência e aos seus docentes, em todas as Universidades, Institutos Superiores Politécnicos e Escolas Superiores, assim como a organização de um encontro internacional sobre direitos humanos e inclusão das pessoas com deficiência [11].

Em síntese, o enquadramento normativo nos diferentes níveis (internacional, europeu e nacional) revela uma clara convergência de princípios, entendendo a acessibilidade como um processo transversal e contínuo, que deve acompanhar todo o ciclo de desenvolvimento das tecnologias e serviços digitais. Este quadro legal reforça a responsabilidade das instituições de ensino superior na implementação efetiva das políticas de inclusão, assegurando que a inovação tecnológica se traduza em igualdade de oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes.

I.1.3. Barreiras e desafios enfrentados por estudantes com necessidades especiais

Apesar da ampla disseminação das políticas inclusivas, continuam a existir muitas barreiras estruturais e tecnológicas nas universidades. Mitre e Zeneli [1] identificam lacunas em políticas institucionais consistentes e destacam a existência de barreiras significativas relacionadas com as infraestruturas, que dificultam o acesso de estudantes com incapacidades motoras; a dependência de materiais de texto volumosos, difíceis de processar para pessoas com dislexia ou outras dificuldades de aprendizagem; métodos de avaliação pouco flexíveis, que não acomodam formatos alternativos; ausência de ferramentas e dispositivos que ajudem as pessoas com deficiências a superar as suas barreiras de acessibilidade e participar com mais eficiência em ambientes educacionais e sociais.

Do ponto de vista pedagógico, no estudo de Norun Christine Sanderson et al. [12], é efetuada uma investigação ao conhecimento sobre design universal e acessibilidade digital entre membros do corpo docente nas áreas de ciência da computação e engenharia. Os

autores destacam que poucos participantes têm conhecimento a esse respeito, particularmente sobre como tornar os materiais e cursos de aprendizagem digital acessíveis. A investigação demonstra a necessidade de fornecer formação em design universal e acessibilidade digital aos membros do corpo docente.

A nível tecnológico, Denise Ruso [13] sublinha que as plataformas de *Learning Management Systems* (LMS) atuais enfrentam importantes desafios no que se refere à acessibilidade para estudantes com deficiências e sublinha que os recursos de acessibilidade, como o texto alternativo para imagens, fundamentais para estudantes com deficiência visual que utilizam leitores de ecrã, são pouco utilizados, o que afeta negativamente a sua capacidade para aceder a recursos visuais e realizar avaliações de forma eficaz. Acrescenta que oferecer múltiplas formas de acesso aos estudantes é fundamental para que estes se sintam incluídos. Considera ainda que, de um modo geral, estas plataformas oferecem algumas ferramentas de acessibilidade, mas a sua aplicação pelos professores é inconsistente e insuficiente, tornando a acessibilidade uma barreira significativa para o sucesso equitativo dos estudantes no ambiente virtual de aprendizagem. Existem ainda barreiras cognitivas e linguísticas que reduzem a eficácia da aprendizagem online, sobretudo quando as interfaces e conteúdos não são compatíveis com tecnologias de apoio ou dependem de interações visuais e textuais extensas. Essas barreiras agravam a exclusão digital, especialmente entre estudantes com dislexia, limitações visuais ou auditivas [6].

I.1.4. O papel das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na inclusão

As TDIC, com especial destaque para as soluções baseadas em AI, têm vindo a assumir um papel determinante na redução dessas barreiras. De acordo com Mitre e Zeneli [1], a integração de tecnologias de IA no ensino superior, para estudantes com deficiência, pode constituir a forma de resolver muitos desafios relacionados com a acessibilidade e a inclusão. Destacam como exemplos os serviços de legenda e transcrição em tempo real, as ferramentas de conversão de texto em voz e de voz em texto, que permitem aos estudantes com deficiência auditiva e visual aceder aos materiais e participar ativamente nas aulas. Acrescentam que os sistemas de aprendizagem adaptativa, os *chatbots* e os assistentes virtuais podem ser usados para criar conteúdos personalizados e percursos de

aprendizagem personalizados, prestar assistência em tarefas administrativas e gerar previsões de sucesso acadêmico.

A integração da IA para alunos com deficiência no ensino superior, apesar de todos os benefícios associados, apresenta desafios éticos, particularmente relacionados com a privacidade, a segurança de dados, o preconceito e a exclusão, enquanto reforça a necessidade de um design participativo durante o desenvolvimento das soluções baseadas em IA [1].

1.1.5. Plataformas de *e-Learning* e acessibilidade

As plataformas de LMS assumem um importante papel no ensino digital, considerando que permitem a organização dos conteúdos, a monitorização do progresso dos estudantes e a comunicação entre estes e os seus docentes. Nas instituições de ensino superior são frequentemente utilizadas soluções como o Moodle, o Blackboard Learn, o Canvas LMS ou o Google Classroom, o que revela claramente a existência do impacto da transformação digital no ensino e na aprendizagem. Todavia, apesar da sua difusão, vários estudos demonstram a existência de lacunas que dificultam a participação equitativa de estudantes portadores de deficiência ou com outras necessidades educativas especiais (NEE), pelo que a acessibilidade digital continua a ser um ponto crítico.

Em [1] Mitre e Zeneli sublinham que, apesar de as instituições de ensino superior adotarem tecnologias digitais de forma crescente, a acessibilidade nem sempre é considerada na fase de conceção das plataformas. Os autores defendem que a utilização da IA pode reforçar a inclusão e melhorar o acesso aos conteúdos, mas alertam para a importância da adoção de políticas institucionais claras e de mecanismos de monitorização contínua. Do mesmo modo, Russo [13] observa que, embora os componentes de diversidade, equidade, inclusão e acessibilidade (DEIA) sejam frequentemente mencionados nos sistemas de LMS, na realidade raramente são incorporados de forma eficaz nas funcionalidades dos sistemas ou na experiência real dos utilizadores.

Estas fragilidades refletem-se nas conclusões de Sanderson et al. [12], segundo os quais muitos docentes desconhecem os princípios fundamentais do desenho universal e da acessibilidade digital, o que compromete gravemente a criação de materiais e de atividades inclusivas dentro das próprias plataformas. Essa escassez de uma literacia digital inclusiva

que se verifica no corpo docente agrava as barreiras de acesso, reforçando a dependência de soluções técnicas isoladas, em detrimento de uma abordagem sistémica à inclusão.

O enquadramento normativo europeu tem procurado corrigir estas deficiências. De acordo com [9] e [10], todos os *sites* web e aplicações móveis dos organismos públicos devem cumprir as WCAG e garantir a acessibilidade de conteúdos digitais. Paralelamente, [5] define a acessibilidade digital como um direito fundamental, reforçando a importância da adoção de plataformas educativas inclusivas e interoperáveis. Estes instrumentos legais complementam as normas técnicas EN 301 549 [8] e ISO 9241-210 [7], que especificam a necessidade da implementação de requisitos de design centrados no ser humano e da acessibilidade de produtos e serviços da área das TIC.

Apesar da existência destas orientações, na prática continuam a persistir lacunas significativas. Muitos sistemas de *e-Learning* não conseguem garantir uma compatibilidade plena com os leitores de ecrã, os amplificadores de texto ou as ferramentas de navegação por teclado. As interfaces muitas vezes apresentam contrastes visuais insuficientes, ausência de legendagem automática nos vídeos ou descrições alternativas das imagens, fatores que reduzem a autonomia dos utilizadores que tenham limitações sensoriais. Acresce ainda que a criação de conteúdos acessíveis continua a ser dependente da ação individual dos docentes, em virtude de não haver suporte integrado nos editores das plataformas. Como salientam Mitre e Zeneli [1], a acessibilidade deve ser tratada como um requisito transversal de qualidade e não como uma mera opção adicional.

Os avanços recentes na IA, no design universal e na ergonomia digital, abrem novas perspetivas para a inclusão. A criação de sistemas capazes de gerar legendas automáticas, sintetizar voz ou adaptar a interface às preferências do utilizador, representam passos significativos para a construção de ambientes de aprendizagem mais equitativos. Ainda assim, a concretização plena dessa visão depende da articulação entre a tecnologia, a formação docente e as políticas institucionais de acessibilidade. Como conclui Russo [13], a tecnologia, por si só, não é suficiente. É essencial construir um ambiente educativo que valorize e integre os princípios de diversidade, equidade, inclusão e acessibilidade, para que haja um impacto realmente positivo na experiência dos estudantes na educação superior.

Neste enquadramento, é de destacar o papel estratégico que as plataformas de *e-Learning* assumem na concretização dos direitos de acessibilidade digital definidos pela legislação europeia e portuguesa. A sua evolução para modelos mais inteligentes e adaptativos constitui-se como um elemento essencial para garantir a participação plena de todos os estudantes. A compreensão destas limitações e potencialidades estabelece a base conceptual para a análise das tecnologias de voz e dos agentes conversacionais.

I.2. Inteligência Artificial Aplicada à Educação

I.2.1. Fundamentos de Inteligência Artificial e Aprendizagem Automática

Holmes et al. [14] consideram a IA como sendo uma área da informática dedicada ao desenvolvimento de sistemas que têm a capacidade de realizar tarefas que apenas a inteligência humana conseguia efetuar como, por exemplo, a perceção, o raciocínio, a aprendizagem e a tomada de decisões. Estes sistemas recorrem frequentemente a *machine learning* (ML), com a finalidade de permitir que as máquinas consigam aprender a partir de grandes volumes de dados, identificando padrões, construindo modelos e prevendo resultados, sem necessidade de programação explícita para cada passo. Os autores consideram a IA como sendo uma forma de inteligência aumentada (*augmented intelligence*), na qual a tecnologia atua para ampliar e complementar as capacidades humanas, especialmente na execução de tarefas repetitivas, no processamento de grandes volumes de dados e na automação de processos complexos. Os aspetos mais humanos, como emoções, julgamentos baseados em valores e relacionamentos interpessoais permanecem uma prerrogativa humana.

De acordo com He et al. [15] a IA regista uma contínua evolução, desde os primeiros sistemas baseados em regras, que foram criados nas décadas de 1950 e 1960, para executar instruções explícitas definidas por especialistas, acompanhando simultaneamente o avanço das metodologias e uma cada vez maior capacidade de processamento. As abordagens simbólicas iniciais evoluíram para modelos baseados em princípios estatísticos e probabilísticos, que permitem às máquinas aprender com dados e lidar com a incerteza. Com o surgimento do *deep learning*, as redes neurais profundas constituem o núcleo da investigação e das aplicações modernas, possibilitando a geração de texto, imagem e som

com elevado realismo. Mais recentemente, a era dos modelos fundacionais, representados pelos *Transformers* (redes neurais baseadas em mecanismos de atenção, capazes de processar grandes volumes de dados em paralelo) e pelos *Generative Pre-trained Transformers* (GPTs) (modelos de larga escala treinados para compreender e gerar linguagem natural) marca uma nova etapa em que a IA evidencia capacidades avançadas de raciocínio, generalização e interação multimodal.

Na área educacional, o impacto da IA manifesta-se de diversas formas. Holmes et al. [14] consideram que, nesta área, a IA pode ter diversas aplicações, como na análise de grandes volumes de dados educacionais, que permitem a tomada de decisões pedagógicas, na personalização e na adaptação contínua da aprendizagem às necessidades de cada aluno, no apoio automatizado a professores e a estudantes, recorrendo a assistentes virtuais inteligentes, na melhoria das práticas docentes, proporcionando aos professores ferramentas que facilitam o acompanhamento e a gestão do ensino e na otimização dos processos administrativos e organizacionais das instituições educativas. De acordo com esta perspetiva, o objetivo central da IA na educação consiste em melhorar os processos de aprendizagem, ensino e avaliação, através de sistemas que compreendem e respondem às necessidades dos alunos e professores. Assim, a IA não deve ser entendida apenas como mais uma ferramenta tecnológica, mas como um elemento estratégico de inovação pedagógica, cuja integração deve ser coerente com os objetivos curriculares e os princípios éticos das instituições educativas.

1.2.2. Aplicações de IA na personalização da aprendizagem

A personalização, que se materializa em soluções capazes de adaptar a experiência de aprendizagem às necessidades individuais, pode ser considerada como um dos campos de maior potencial da IA em contexto educativo. Entre essas soluções, merecem especial destaque os sistemas de aprendizagem adaptativa, que utilizam algoritmos de ML para ajustar a sequência, a dificuldade e, nalguns casos, o formato dos conteúdos, em conformidade com o desempenho e as preferências de cada estudante [14]. Esta abordagem representa uma significativa evolução, especialmente quando se compara com o ensino tradicional, que se caracteriza essencialmente pelas suas estruturas curriculares homogêneas e pela reduzida capacidade de resposta às diferenças individuais.

De acordo com Mitre e Zeneli [1], os sistemas de aprendizagem adaptativa baseados em ML permitem a criação de conteúdos personalizados e de percursos de aprendizagem adaptados às necessidades individuais de cada aluno, incluindo os aspetos cognitivos e comportamentais. Estes sistemas, para além de se constituírem promotores de uma aprendizagem mais eficiente, são também mais inclusivos, considerando que permitem ajustar o conteúdo ao ritmo e às condições de cada estudante. Deste modo, favorecem a sua autonomia e reduzem a frustração associada a dificuldades persistentes.

Holmes, Bialik e Fadel [14] referem três níveis de personalização, suportados pelos sistemas de IA:

1. A personalização do conteúdo, em que o sistema seleciona e adapta materiais de acordo com o progresso do aluno;
2. A personalização da apresentação, que se caracteriza pelo ajustamento da forma e da sequência dos conteúdos (texto, áudio, vídeo ou gráfico) às preferências e necessidades individuais;
3. A personalização do feedback, que consiste em oferecer respostas automáticas e em tempo real, ajustadas ao nível de erro ou à dificuldade identificada.

Nas plataformas de *e-Learning*, esta lógica traduz-se em sistemas de recomendação de recursos, tutoriais inteligentes, *dashboards* preditivos de desempenho e interfaces de aprendizagem multimodal. Contudo, é fundamental reconhecer que a eficácia da personalização depende, não só da qualidade dos dados e da transparência dos algoritmos, mas também como da formação dos docentes para interpretar os resultados e os traduzir em ações pedagógicas adequadas.

I.2.3. Tecnologias de apoio tradicionais

De acordo com o Global Report on Assistive Technology da Organização Mundial da Saúde e da UNICEF [16], as tecnologias de apoio (*assistive technologies*) abrangem qualquer produto, equipamento ou software concebido para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais de pessoas com deficiência e representam um elemento essencial na promoção da acessibilidade digital e da inclusão educativa. Estas tecnologias, que vão desde leitores de ecrã e sintetizadores de voz, até teclados alternativos ou aplicações de

comunicação aumentativa, constituem instrumentos fundamentais para garantir a participação plena de todos os estudantes na vida académica.

A literatura recente confirma que o impacto destas tecnologias é muito positivo. A revisão sistemática conduzida por Aoife et al. [17], demonstra que a utilização de tecnologias de apoio no ensino superior contribui para um incremento do desempenho académico, da motivação e do bem-estar emocional dos estudantes com deficiência. Contudo, os autores destacam que a adoção efetiva dessas ferramentas continua condicionada pela escassez de apoio técnico e pela insuficiente formação dos docentes. Estas conclusões são reforçadas por Fernández-Batanero et al. [18], cuja análise de mais de uma década de investigação evidencia que, embora a tecnologia de apoio facilite a inclusão, persistem barreiras relacionadas com a falta de recursos, o custo dos equipamentos e a ausência de políticas institucionais estruturadas.

O estudo qualitativo de Papadopoulos et al. [19] acrescenta uma perspetiva europeia atualizada sobre o uso de tecnologias de apoio por estudantes com deficiência no ensino superior. A investigação, realizada em quatro países, identifica as tecnologias mais utilizadas e as principais barreiras enfrentadas pelos estudantes, destacando a importância de dispositivos e softwares de apoio que possibilitam a comunicação, a leitura e a organização pessoal. Os autores salientam idênticamente o papel crescente das tecnologias digitais comuns, como aulas online síncronas e assíncronas, aplicações de mensagens e ferramentas de produtividade, que podem funcionar como soluções acessíveis e de baixo custo para promover a inclusão e a autonomia. O estudo conclui que o acesso equitativo à aprendizagem depende não apenas da disponibilidade dessas tecnologias, mas também da formação dos utilizadores e do apoio institucional contínuo.

O enquadramento legislativo europeu e nacional reforça esta orientação. A legislação em vigor [10], obriga as entidades públicas a assegurar a acessibilidade dos seus sítios web e aplicações móveis. A Comissão Europeia [5], sublinha igualmente o papel das tecnologias de apoio como instrumentos de autonomia e participação social. Estas políticas convergem numa visão que coloca o design universal e a interoperabilidade no centro da acessibilidade digital.

As tecnologias de apoio mantêm-se, assim, como a base de uma educação inclusiva e acessível. Longe de serem substituídas, estão a ser ampliadas e integradas em sistemas

inteligentes que exploram recursos de voz, visão computacional e IA para adaptar a aprendizagem às necessidades individuais. Compreender a evolução destas tecnologias, desde as ajudas técnicas clássicas até às soluções digitais e inteligentes, é essencial para fundamentar a análise dos sistemas de reconhecimento e síntese de voz (TTS/STT) e dos agentes conversacionais, apresentados nos temas seguintes como contributos inovadores para a acessibilidade e a participação equitativa no ensino superior.

I.2.4. Questões éticas, de privacidade e equidade na IA educativa

O uso de IA em contextos educativos levanta questões éticas, de privacidade e de equidade que exigem uma cuidadosa reflexão. Para além dos benefícios associados à personalização e à eficiência pedagógica, a aplicação da IA na educação envolve riscos relacionados com a proteção de dados pessoais, a transparência dos modelos de decisão, a responsabilidade das decisões automatizadas e o acesso equitativo às tecnologias.

A Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial da UNESCO [20], constitui o primeiro quadro normativo global sobre ética em IA, adotado por 193 Estados-membros, incluindo Portugal. O documento identifica quatro valores fundamentais que devem orientar o desenvolvimento e a utilização da IA:

- o respeito, a proteção e a promoção dos direitos humanos, da dignidade humana e da autodeterminação;
- a convivência pacífica e a diversidade cultural, baseadas na inclusão e no respeito mútuo;
- a garantia de um ambiente saudável e sustentável; e
- o bem-estar e a prosperidade de todas as pessoas e sociedades.

Com base nestes valores, a Recomendação define dez princípios éticos, entre os quais se destacam a equidade, a transparência, a responsabilidade, a segurança e a proteção da privacidade, que devem orientar a conceção, implementação e governação da IA, de modo a garantir que a tecnologia serve o desenvolvimento humano sustentável.

De modo complementar, Floridi e Cowls [21], apresentam um quadro normativo unificado que sintetiza a ética da IA em cinco princípios fundamentais:

- a) Beneficência – promover o bem-estar, preservar a dignidade humana e sustentar o planeta, criando tecnologias de IA que sejam efetivamente benéficas para a humanidade;
- b) Não maleficência – evitar causar danos, garantindo que a IA não prejudique pessoas, comunidades ou a sociedade como um todo;
- c) Autonomia – respeitar e promover a autonomia humana, assegurando que as decisões humanas não sejam indevidamente restringidas ou substituídas pela ação da IA;
- d) Justiça – garantir que a IA funcione de forma justa e equitativa, prevenindo desigualdades e assegurando uma distribuição equilibrada dos benefícios e encargos associados à tecnologia;
- e) Explicabilidade – compreender como a IA opera (inteligibilidade) e saber quem é responsável pelos seus efeitos (responsabilização). Este princípio é essencial para avaliar os impactos da IA, orientar decisões sobre a sua utilização e atribuir responsabilidades em caso de consequências negativas.

Em conjunto, estes cinco princípios constituem um quadro ético unificado que orienta o desenvolvimento, a utilização e a governação responsável da IA na sociedade, sendo amplamente utilizados como referência internacional na investigação sobre IA responsável.

Os enquadramentos referidos anteriormente, sublinham a importância de garantir a integridade humana e social face à automatização crescente dos processos educativos. Holmes et al. [14] salientam que, no ensino superior, a aplicação destes princípios se traduz em boas práticas de governação ética da IA, como assegurar o consentimento informado na recolha de dados, adotar políticas de minimização e anonimização das informações recolhidas, promover a transparência dos modelos de decisão, e evitar que os sistemas de IA reforcem desigualdades pré-existentes entre estudantes com diferentes contextos socioeconómicos ou culturais.

A ética da IA educativa exige ainda atenção à justiça linguística e cultural. Como salientam Deriu et al. [22], a maioria dos modelos de linguagem e de diálogo é treinada predominantemente em inglês, o que pode introduzir enviesamentos linguísticos e comprometer a fiabilidade dos resultados em contextos multilingues, como o português

européu. Tais limitações devem ser consideradas na conceção e avaliação das plataformas de aprendizagem baseadas em IA, de modo a garantir equidade de acesso e de representação.

Por fim, Mitre e Zeneli [1] reforçam que a inclusão digital é um componente essencial da equidade educativa, evidenciando que a IA e o ML oferecem soluções concretas e variadas para criar ambientes educacionais inclusivos, personalizados e eficazes para estudantes com diferentes tipos de deficiência, integrando reconhecimento emocional, predição de desempenho e adaptação de percursos pedagógicos.

I.3. *Chatbots* Educacionais e Ambientes de Conversação Inteligentes

I.3.1. Evolução dos sistemas de diálogo e *chatbots*

Os sistemas de diálogo constituem um dos campos mais antigos e dinâmicos da IA, tendo evoluído de programas baseados em regras para agentes conversacionais inteligentes, com capacidade de compreensão e geração de linguagem natural. De acordo com o dicionário Priberam da língua portuguesa (<https://dicionario.priberam.org/chatbot>), *chatbot* é um “programa que simula as respostas de um ser humano numa conversação em linguagem natural”. Caldarini et al. [23], ampliam este conceito, ao referir que os *chatbots* são sistemas informáticos conversacionais inteligentes, concebidos para imitar a conversação humana, com o objetivo de permitir orientação e apoio automatizados online e acrescentando que estes constituem um sistema de diálogo automatizado, que pode atender milhares de utilizadores potenciais em simultâneo. Apesar deste conceito, há que ressaltar que o conceito de sistema de diálogo é mais amplo que o de *chatbot*, ao englobar qualquer sistema que permita a interação conversacional entre humanos e máquinas.

De acordo com Adamopoulou e Moussiades [24], a ideia precursora dos *chatbots* é atribuída a Alan Turing quando, em 1950, se questionou sobre a possibilidade de um programa de computador poder conversar com um grupo de pessoas sem que elas percebessem que o seu interlocutor era artificial. Ao longo do tempo, os *chatbots* têm vindo a evoluir, com o aumento progressivo da capacidade de processamento de informação e com os avanços nas ferramentas e técnicas de Processamento de Linguagem Natural. A primeira implementação de um *chatbot* é alcançada em 1966, com o desenvolvimento do

ELIZA, que simula o funcionamento de um psicoterapeuta, respondendo às frases do utilizador na forma interrogativa. Este sistema depende de técnicas de correspondência de padrões e de um esquema de seleção de respostas baseado em modelos. Uma das suas principais desvantagens é a de ter um conhecimento limitado, conseguindo apenas discutir um domínio específico de tópicos e, como tal, não consegue manter conversas longas nem aprender ou descobrir o contexto da discussão.

Alguns anos mais tarde, em 1972, surge o PARRY, capaz de agir como um paciente com esquizofrenia. É considerado mais avançado do que o ELIZA, considerando que, supostamente, tem uma personalidade e uma estrutura de controlo melhor. No entanto, continua a ser considerado um *chatbot* com baixa capacidade de compreensão da linguagem e de expressão de emoções, tendo também uma baixa velocidade de resposta e não conseguindo aprender com a conversa [24].

Na década de 1980, a génese da IA constitui um marco na evolução dos *chatbots*, tendo sido utilizada pela primeira vez neste domínio com a construção do Jabberwacky, um *chatbot* escrito em CleverScript, uma linguagem baseada em folhas de cálculo, que facilita o desenvolvimento de *chatbots*. O Jabberwacky utiliza a correspondência de padrões contextuais para responder com base em discussões anteriores. Ainda assim, não consegue responder a alta velocidade nem trabalhar com um grande número de utilizadores [24].

Alguns anos mais tarde, é apresentado o ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity), um *chatbot* baseado na Artificial Intelligence Markup Language (AIML), uma extensão do XML (eXtensible Markup Language). O sistema foi concebido para permitir a adição de novos padrões de diálogo, tornando a sua base de conhecimento facilmente expansível. A introdução da AIML representou um avanço significativo em relação aos sistemas de correspondência de padrões anteriores, uma vez que permite a utilização de uma estrutura modular e extensível para armazenar e atualizar regras de interação [23].

Posteriormente, o ChatScript sucedeu à AIML, tornando-se a base tecnológica de vários *chatbots* premiados. Esta plataforma introduziu um mecanismo mais sofisticado de correspondência entre as entradas textuais dos utilizadores e os tópicos de diálogo, cada um com regras específicas associadas para gerar respostas adequadas. O ChatScript assinalou o início de uma nova fase na evolução dos *chatbots*, ao deslocar o foco da simples correspondência de padrões para a análise e compreensão semântica da linguagem [23].

Nas últimas duas décadas, a integração de aprendizagem profunda (*deep learning*) transformou a área da IA conversacional, introduzindo modelos *sequence-to-sequence*, redes neurais recorrentes e, mais recentemente, *transformers* como o BERT e o GPT, que sustentam os sistemas conversacionais contemporâneos [25]. Estes modelos, permitem compreender o contexto, gerir múltiplos turnos de conversa e gerar respostas mais coerentes e humanizadas. Surgem assim aplicações mais desenvolvidas, estando entre as mais recentes os assistentes pessoais inteligentes, como a Alexa da Amazon, a Siri da Apple, o Google Assistant do Google, a Cortana da Microsoft e o Watson da IBM, todos com as mesmas características essenciais em termos de tecnologias utilizadas, interface de utilizador e funcionalidades. De salientar ainda que alguns *chatbots* têm uma personalidade mais desenvolvida do que outros, podendo os mais desenvolvidos proporcionar entretenimento, para além da assistência nas tarefas do dia a dia. Este é o caso dos *chatbots* sociais, como o XiaoIce da Microsoft, que é concebido para ser um companheiro de longo prazo para o utilizador, tendo sido projetado para ter uma personalidade, um Quociente de Inteligência (QI) e um Quociente Emocional (QE) [24].

I.3.2 Aplicação de *chatbots* na educação

O domínio da educação tem-se revelado particularmente propício à adoção de sistemas de *chatbots*. Okonkwo e Ade-Ibijola [26], numa revisão de literatura sobre aplicações de *chatbots* na educação destacam que o número de estudos sobre a utilização de *chatbots* no domínio educativo tem registado um rápido crescimento, o que indicia uma ampla utilização desta tecnologia no setor educativo.

Os autores identificam cinco grandes áreas de utilização dos *chatbots* [26]:

- Ensino e aprendizagem – constitui a sua principal área de atuação no contexto educacional. São utilizados para disponibilizar conteúdos e para responder a perguntas dos alunos, permitindo-lhes obter ajuda individualizada. A personalização da experiência educativa em plataformas online que oferecem informação precisa e acessível aos estudantes melhora o seu interesse pela aprendizagem e permite-lhes adquirir habilidades cognitivas, obtendo assim um melhor desempenho;

- Avaliação – constituem uma valiosa ajuda no processo de avaliação. Os *chatbots* podem fornecer aos alunos testes e questionários. Quando estes terminam, os resultados são recolhidos pelo *chatbot* e enviados aos professores, permitindo-lhes acompanhar o progresso dos seus alunos;
- Serviços administrativos e de apoio – atuam como um assistente digital, aconselhando instituições de ensino superior sobre como melhorar os seus serviços atuais, gerar novas ideias inovadoras e reduzir custos de mão de obra. Por outro lado, estes sistemas podem prestar apoio administrativo e informativo, auxiliando os estudantes em matérias como orientação académica, recrutamento, inscrições, bolsas e retenção;
- Aconselhamento académico e profissional – proporcionam assistência personalizada à escolha de disciplinas e percursos;
- Investigação e desenvolvimento – prestam apoio aos estudantes, fornecendo respostas contextualizadas a questões relacionadas com a investigação académica. Esta tecnologia é capaz de oferecer as orientações necessárias para o sucesso de uma produção de investigação.

Os resultados empíricos obtidos apontam como principais benefícios da utilização de *chatbots* na educação a integração de conteúdos, o acesso rápido à informação, a motivação e o envolvimento dos estudantes, a possibilidade de interação simultânea com múltiplos utilizadores e a prestação de assistência imediata. Quando bem concebidos, estes sistemas favorecem a aprendizagem autónoma e contínua, reduzem a sobrecarga dos docentes e contribuem para a criação de ambientes educativos centrados no estudante [26].

Um exemplo recente dessa evolução é o modelo proposto por Babou et al. [27], para as universidades digitais africanas. O sistema, desenvolvido com o framework Rasa e integrado na plataforma Moodle, permite aos estudantes aceder a conteúdos formativos, categorias de cursos e módulos de avaliação através de uma interface conversacional. A solução recorre a algoritmos de ML e Natural Language Processing (NLP) para compreender intenções e entidades, possibilitando uma interação natural e contínua com o utilizador. A sua implementação demonstrou melhorias no acesso a materiais essenciais e na redução da taxa de desistência, reforçando o papel dos agentes conversacionais como mediadores de equidade e inclusão digital.

I.3.3. Arquiteturas e frameworks (NLP, NLU, Rasa, Dialogflow)

A evolução recente da IA aplicada à educação deu origem a *chatbots* capazes de compreender e gerar linguagem natural, baseando-se em arquiteturas modulares que articulam componentes de compreensão (*Natural Language Understanding* – NLU) e de geração de linguagem (*Natural Language Generation* – NLG). Estas estruturas permitem interpretar intenções, extrair entidades relevantes e produzir respostas contextualizadas, sustentando a interação entre estudante e sistema [28].

Entre as plataformas de desenvolvimento mais utilizadas destacam-se o Rasa e o Dialogflow, que disponibilizam pipelines modulares para a criação de sistemas de diálogo adaptados a diferentes contextos. O Rasa, enquanto solução open-source, possibilita o treino de modelos personalizados e a ligação a fontes externas de informação, oferecendo maior controlo sobre a arquitetura e os dados. Já o Dialogflow, da Google, privilegia a acessibilidade e a integração rápida com aplicações web e móveis, suportando múltiplas línguas e interfaces de voz [29],[30].

Estudos recentes mostram que a escolha da arquitetura e do framework influencia diretamente a precisão e a naturalidade das respostas, sobretudo quando os modelos de NLU são ajustados ao vocabulário e ao domínio específicos de cada curso ou instituição [27]. Em paralelo, técnicas emergentes de *retrieval-augmented generation* (RAG), em que o sistema consulta bases de conhecimento antes de gerar uma resposta, têm melhorado a fiabilidade e reduzido a produção de respostas incoerentes ou incorretas nos modelos generativos [25].

O desenvolvimento de *chatbots* educativos exige, contudo, um equilíbrio entre sofisticação técnica e adequação pedagógica. Como sublinham Holmes et al. [14], a tecnologia deve servir os objetivos educativos e não o inverso; a arquitetura deve apoiar a clareza comunicativa, a coerência conceptual e a acessibilidade da informação.

I.3.4. Integração de *chatbots* em plataformas LMS

A integração de agentes conversacionais em sistemas LMS representa uma das evoluções mais relevantes na consolidação da IA educativa. Estas plataformas centralizam atividades

de comunicação, avaliação e acompanhamento, constituindo um ambiente privilegiado para automatizar tarefas e oferecer apoio personalizado aos estudantes.

A literatura recente indica que a incorporação de *chatbots* em LMS visa sobretudo a melhoria da interação e do acesso à informação, complementando as funcionalidades nativas das plataformas. Esses sistemas podem auxiliar no esclarecimento de dúvidas frequentes, na orientação sobre tarefas ou prazos e na dinamização da aprendizagem assíncrona [28]. Labadze et al. [2], destacam que a adoção de *chatbots* em contextos educacionais tende a aumentar a percepção de utilidade e o envolvimento estudantil, enquanto Davar et al. [28], observam que o impacto positivo está condicionado à qualidade da resposta e à integração adequada com o conteúdo pedagógico.

Diversos estudos confirmam o potencial da integração com plataformas amplamente difundidas, como Moodle e Blackboard. Babou, Sylla, Sow e Ouya demonstraram, em universidades digitais africanas, que um *chatbot* desenvolvido em Rasa e ligado ao Moodle via API REST permitiu aos estudantes aceder a conteúdos, realizar autoavaliações e receber feedback imediato [27]. Resultados semelhantes foram obtidos por Abdelmoiz et al. [30], que integraram um *chatbot* baseado em Dialogflow numa interface web e móvel para apoio a uma unidade curricular, relatando melhorias no acesso à informação e na comunicação entre estudantes e docentes.

A interoperabilidade entre *chatbots* e plataformas de gestão da aprendizagem (LMS) constitui uma condição essencial para a sua adoção sustentável no ensino superior. A integração técnica dessas ferramentas tem evoluído para modelos baseados em padrões abertos, que asseguram a comunicação segura entre sistemas e a preservação da privacidade dos utilizadores. Alier et al., em [31], descrevem o framework de código aberto LAMB (Learning Assistant Manager and Builder), concebido para integrar assistentes de aprendizagem baseados em IA com diferentes LMS através da norma Learning Tools Interoperability (LTI), garantindo autenticação unificada e troca estruturada de dados académicos. Esta abordagem evidencia a transição de soluções isoladas, baseadas em APIs específicas, para ecossistemas interoperáveis, nos quais os *chatbots* podem ser incorporados de forma modular e compatível com múltiplas plataformas. Ainda assim, a literatura continua a privilegiar as dimensões pedagógicas e de usabilidade, deixando os

detalhes técnicos e normativos da integração relativamente subexplorados, o que reforça a pertinência de estudos que abordem esta vertente de forma sistemática.

Não obstante os benefícios observados, persistem desafios relacionados com a consistência pedagógica das respostas geradas e com o suporte multilingue [2]. No contexto dos sistemas de gestão da aprendizagem, Russo [13], acrescenta que subsistem barreiras de acessibilidade e equidade, refletindo desigualdades estruturais no desenho e na implementação das plataformas digitais.

Adicionalmente, a maioria dos estudos centra-se em indicadores de desempenho académico ou satisfação do utilizador, raramente abordando a acessibilidade digital de forma sistemática. Mitre e Zeneli, em [1], sublinham que o potencial inclusivo da IA educativa depende de uma conceção centrada nas necessidades de todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiência, o que exige que as plataformas e os assistentes virtuais respeitem as normas de acessibilidade.

Em síntese, a integração de *chatbots* em plataformas LMS constitui um campo em rápida expansão, com resultados promissores no apoio à aprendizagem e na comunicação educacional. Contudo, a literatura permanece limitada na análise das implicações de acessibilidade e inclusão, revelando a necessidade de soluções que conciliem eficácia pedagógica, interoperabilidade técnica e conformidade com os princípios de desenho universal e de acessibilidade digital.

1.3.5. *Chatbots* inclusivos: apoio a estudantes com necessidades especiais

A mais recente vertente de inovação na IA educativa diz respeito ao desenvolvimento de *chatbots* inclusivos, concebidos para reduzir barreiras de acesso à informação e apoiar estudantes com deficiência. Mitre e Zeneli [1], sublinham que a combinação entre IA conversacional e tecnologias de fala – reconhecimento (STT) e síntese (TTS) – permite que utilizadores com limitações visuais ou motoras interajam por voz e naveguem autonomamente em plataformas académicas.

A implementação de agentes acessíveis requer observância das Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web ((<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>)), garantindo contraste visual adequado, navegação por teclado e compatibilidade com leitores de ecrã. No contexto da educação superior, diversos estudos evidenciam que o uso de linguagem clara, feedback multimodal combinando, por exemplo, modalidades textual

e vocal e princípios de design universal contribuem para interações mais equitativas e para a participação efetiva de todos os estudantes. Essas estratégias reduzem barreiras comunicacionais e tecnológicas e reforçam o papel das tecnologias de apoio na inclusão [12], [16],[19].

Estudos recentes mostram que práticas de acessibilidade beneficiam não apenas estudantes com deficiência, mas toda a comunidade acadêmica, ao promover interfaces multimodais mais intuitivas [28]. Contudo, Mitre e Zeneli [1], salientam que, nas instituições de ensino superior, a acessibilidade continua frequentemente a ser implementada como uma camada adicional e não como um princípio estruturante de design. Esta constatação é reforçada por Russo [13], que identifica lacunas significativas nas plataformas LMS relativamente à integração sistemática de componentes de diversidade, equidade, inclusão e acessibilidade. A presente investigação adota uma perspectiva inversa, propondo um modelo de sistema conversacional cuja viabilidade inclusiva é avaliada de forma integrada, considerando precisão, tempo de resposta e qualidade da voz sintetizada como indicadores de desempenho técnico e de acessibilidade efetiva.

I.4. Tecnologias de apoio de Fala e Voz

I.4.1. Fundamentos de TTS e STT

As tecnologias de fala constituem elementos fundamentais dos sistemas conversacionais modernos, permitindo interações multimodais que complementam ou substituem o texto escrito. Entre estas destacam-se o TTS e o STT, amplamente utilizadas em assistentes inteligentes, sistemas educativos e soluções de acessibilidade digital.

A síntese de texto para fala (TTS) tradicionalmente envolve múltiplas etapas independentes, responsáveis por transformar informação linguística em sinais acústicos. O modelo Tacotron representa um avanço significativo ao eliminar esta segmentação: mapeia diretamente texto em caracteres para Espectrogramas Mel, uma representação da energia sonora ao longo do tempo e das frequências, captando características essenciais da voz humana. Esta abordagem *end-to-end* elimina a necessidade de engenharia manual de características e de alinhamentos externos, integrando todo o processo num único modelo treinável de forma contínua [32].

Após a geração do espectrograma, é necessária a reconstrução da forma de onda. No trabalho original, esta etapa é realizada através do algoritmo Griffin-Lim, um método clássico que permite reconstruir áudio a partir de espectrogramas, ainda que introduza artefactos audíveis. Para melhorar a naturalidade da fala sintetizada, foram posteriormente introduzidos *vocoders* neuronais, entre os quais se destaca o WaveNet, um modelo generativo capaz de produzir formas de onda altamente realistas. Embora permita uma qualidade substancialmente superior, o WaveNet não é um modelo *end-to-end*, pois depende de características acústicas pré-computadas [32].

Assim, o Tacotron constituiu um marco na evolução do TTS ao propor uma arquitetura verdadeiramente *end-to-end* para gerar Espectrogramas Mel a partir de texto, enquanto *vocoders* neurais como o WaveNet vieram reforçar a etapa final de síntese, conduzindo a vozes sintéticas mais naturais e expressivas. Esta combinação estabeleceu a base para modelos de síntese modernos, mais simples, eficientes e com qualidade significativamente superior [32].

O STT realiza o processo inverso, convertendo sinais de fala em texto escrito. Nos sistemas modernos, esta tarefa é desempenhada por modelos *end-to-end* que integram num único processo o tratamento acústico e a modelação linguística. Estes modelos recorrem a arquiteturas baseadas em encoder-decoder, mecanismos de atenção ou Connectionist Temporal Classification (CTC), permitindo aprender diretamente a relação entre a sequência de características acústicas e a transcrição. O ESPnet constitui um exemplo desta evolução, oferecendo uma plataforma de código aberto para o treino de sistemas ASR (*Automatic Speech Recognition*) robustos e de elevada precisão, suportando múltiplas arquiteturas *end-to-end* e proporcionando um ecossistema unificado para investigação e desenvolvimento [33].

Avanços recentes demonstram que TTS e STT podem ser tratados de forma conjunta num único sistema. Sunder et al. [34], introduzem um modelo não-autoregressivo multimodal que dispõe de dois cabeçalhos separados para STT e TTS, mas partilha um *encoder* textual-acústico comum. A arquitetura utiliza mecanismos de refinamento iterativo para melhorar progressivamente tanto a segmentação acústica como a geração de espectrogramas, reduzindo erros acumulados e permitindo treino conjunto das duas tarefas. Esta abordagem, evidencia uma convergência entre síntese e reconhecimento de fala, ao permitir que o

modelo beneficie simultaneamente de sinais supervisionados (texto e áudio), otimizando ambas as direções de conversão.

Estas tecnologias transformaram a interação humano-máquina e tornaram-se essenciais para a acessibilidade digital, permitindo que utilizadores com deficiência visual ou motora possam ler, escrever e comunicar de forma autónoma. No contexto educativo, TTS e STT contribuem para ambientes inclusivos ao assegurar acesso equitativo à informação textual e ao facilitar participação ativa em plataformas de *e-Learning* [1].

I.4.2. Tecnologias de voz: APIs, ferramentas e integrações multimodais

A disseminação das tecnologias de voz no ensino superior tem sido impulsionada pela disponibilidade simultânea de APIs comerciais e de ferramentas open source que simplificam a integração de capacidades de reconhecimento e síntese de fala em plataformas educativas. Estudos recentes mostram que estas infraestruturas, tanto as proprietárias como as de código aberto, constituem hoje a base dos ecossistemas modernos de processamento de fala, fornecendo modelos pré-treinados, suporte multilingue e interfaces de integração acessíveis. Entre as soluções comerciais mais difundidas incluem-se o Google Cloud Speech-to-Text, o Amazon Transcribe e o Speechmatics, que oferecem mecanismos avançados de reconhecimento, personalização de vocabulário e compatibilidade com múltiplos sotaques. Em paralelo, alternativas *open source* como o Whisper, o wav2vec2.0 e o HuBERT, disponibilizam soluções de baixo custo e com vantagens significativas em termos de privacidade, apesar de apresentarem um desempenho inferior em fala espontânea. Esta diversidade de ferramentas permite que instituições de ensino adotem tecnologias de voz de forma flexível, equilibrando custo, precisão e requisitos de proteção de dados, fatores particularmente relevantes em contextos académicos [35].

Estas plataformas baseiam-se em redes neuronais profundas treinadas sobre vastos conjuntos de dados de fala e seguem paradigmas de aprendizagem supervisionada, o que lhes permite melhorar progressivamente a precisão e a robustez à medida que novos dados são incorporados nos sistemas. Apesar do seu carácter proprietário, oferecem elevada escalabilidade, documentação extensa e desempenho estável, o que justifica a sua adoção generalizada em contextos institucionais [35].

Paralelamente, projetos de código aberto têm assumido um papel determinante no avanço científico e na democratização do acesso a tecnologias de voz. Soluções como o Mozilla DeepSpeech e o Coqui-TTS possibilitam a criação de sistemas personalizados de reconhecimento e síntese orientados para necessidades específicas. O ESPnet destaca-se particularmente em ambientes de investigação, ao disponibilizar um ecossistema unificado para tarefas de ASR, com suporte a múltiplas arquiteturas *end-to-end* e modelos pré-treinados em várias línguas [33]. A natureza aberta destas ferramentas favorece a experimentação académica, a replicação de resultados e a independência tecnológica, aspetos valorizados em investigação aplicada.

A integração das tecnologias de voz com plataformas de agentes conversacionais permite desenvolver interfaces multimodais que combinam entrada textual e vocal, ampliando as possibilidades de interação e promovendo maior flexibilidade no acesso à informação. Estudos recentes sublinham que a utilização de modelos de reconhecimento e síntese de fala em combinação com sistemas dialogais potencia abordagens mais inclusivas e ricas do ponto de vista pedagógico, ao fornecer múltiplas modalidades de comunicação adaptáveis às necessidades dos estudantes [36].

A escolha entre APIs comerciais e soluções de código aberto depende do equilíbrio entre custo, personalização, privacidade e requisitos institucionais. Enquanto as plataformas comerciais garantem fiabilidade, atualizações contínuas e suporte técnico avançado, as soluções abertas favorecem o controlo de dados e a autonomia tecnológica, fatores particularmente relevantes em ambientes educativos e alinhados com perspetivas pedagógicas sobre inovação e integração tecnológica [2], [14]

I.4.3. Usabilidade e impacto das interfaces de voz na acessibilidade

A introdução de interfaces de voz em ambientes educativos trouxe um impacto profundo na usabilidade e inclusão de estudantes com necessidades especiais. A literatura demonstra que a fala é o canal de comunicação mais natural e universal, sendo, portanto, um meio privilegiado para tornar a interação com sistemas digitais mais intuitiva [1].

Em contextos de ensino online, as tecnologias TTS e STT permitem ultrapassar limitações visuais, motoras e linguísticas, fornecendo uma via de comunicação que não depende exclusivamente da leitura e escrita.

A qualidade e naturalidade da voz sintetizada afetam diretamente o conforto do utilizador e a percepção de presença social, o que condiciona a aceitação de sistemas conversacionais e aplicações de apoio [36]. Watanabe et al. [33], acrescentam que a precisão do reconhecimento de voz condiciona a fiabilidade global do sistema, uma vez que pequenos erros de transcrição podem distorcer o significado e comprometer a experiência de aprendizagem [33]. Assim, a usabilidade das interfaces de voz deve ser avaliada não apenas pela sua taxa de sucesso técnico, mas também pela sua adequação pedagógica e compatibilidade com normas de acessibilidade.

As diretrizes WCAG 2.2¹ e a ISO 9241-210 [7] destacam a importância de princípios como a previsibilidade das interações, a disponibilização de feedback adequado e o alinhamento do design com as necessidades e características dos utilizadores. Paralelamente, a literatura recente tem destacado o contributo das interfaces multimodais para experiências de interação mais ricas, flexíveis e inclusivas. Estudos mostram que a combinação de modalidades como texto, voz, elementos visuais ou interação física pode aumentar a presença social, reduzir a carga cognitiva e melhorar o envolvimento, sobretudo quando a interface se adapta às preferências e limitações dos utilizadores [36].

A integração de TTS e STT em *chatbots* ou plataformas de *e-Learning* permite criar interações mais inclusivas, especialmente quando combinadas com transcrições automáticas e legendagem em tempo real. Estes recursos não apenas assistem estudantes com deficiência auditiva ou visual, mas também beneficiam toda a comunidade académica, reforçando o conceito de design universal [37].

I.4.4. Limitações atuais e tendências futuras das interfaces multimodais

Apesar dos progressos significativos observados nos últimos anos, as tecnologias de voz continuam a apresentar limitações relevantes quando aplicadas a contextos educativos exigentes. No domínio do reconhecimento automático de fala, estudos recentes evidenciam que os sistemas atuais enfrentam dificuldades notórias em cenários de fala espontânea, particularmente quando expostos a hesitações, interrupções, ruído de fundo, variações de sotaque ou alterações no ritmo e entoação da fala. Estas condições resultam frequentemente

¹ <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

em erros de segmentação, transcrições incompletas ou perdas de precisão, comprometendo a fiabilidade necessária para interações pedagógicas fluidas e consistentes [35].

Para além destes constrangimentos técnicos, subsistem desafios relacionados com a adoção e integração destas tecnologias em ambientes institucionais. Os custos de implementação, a necessidade de infraestrutura tecnológica estável e as preocupações associadas ao tratamento de dados pessoais constituem barreiras que afetam a capacidade das instituições de ensino para explorar plenamente o potencial da IA conversacional. A literatura recente tem sublinhado a importância de considerar estes fatores no desenho de políticas tecnológicas inclusivas e alinhadas com a proteção dos utilizadores [1], [28].

Do ponto de vista pedagógico e ético, a Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial da UNESCO [20], alerta para a necessidade de garantir que a utilização de sistemas de voz respeite princípios de transparência, supervisão humana e equidade, assegurando que a automatização das interações não compromete a mediação docente nem agrava desigualdades existentes. Esta preocupação é particularmente relevante na utilização de agentes conversacionais em contextos de aprendizagem, onde a confiança, a clareza e a adequação das respostas são essenciais para a eficácia educativa.

Em paralelo, a investigação recente tem demonstrado o potencial das interfaces multimodais na melhoria da experiência de interação. A combinação de modalidades, incluindo voz, texto, elementos visuais e interação física, tem mostrado benefícios significativos em termos de presença social, envolvimento e redução da carga cognitiva, sobretudo junto de utilizadores que beneficiam de suportes de comunicação diversificados. A integração multimodal, ao permitir que o utilizador escolha ou alterne entre diferentes formas de interação, torna os sistemas conversacionais mais acessíveis e inclusivos, potenciando a sua utilização em contextos educativos [36].

No plano das tendências tecnológicas, observa-se um movimento consistente no sentido da integração de modelos avançados capazes de unificar tarefas de síntese e reconhecimento de fala. Abordagens não-autoregressivas recentes demonstram que a utilização de representações partilhadas entre texto e fala pode reduzir a latência e melhorar a responsividade das interfaces, abrindo caminho a sistemas conversacionais mais fluidos e adequados à interação em tempo real [34]. Este avanço articula-se com a evolução das arquiteturas transformer e da IA generativa, que têm expandido rapidamente a capacidade

dos sistemas de interpretar sinais contextuais, inferir estados emocionais e adaptar o comportamento às necessidades dos utilizadores [15].

A tendência futura aponta, assim, para a consolidação de agentes conversacionais inteligentes, multimodais e sensíveis ao contexto, capazes de articular voz, texto e outros canais de comunicação num fluxo integrado. Estes sistemas poderão ajustar o tom, o estilo comunicativo e o conteúdo da resposta em função do perfil e do estado do utilizador, contribuindo para práticas educativas mais inclusivas e personalizadas. Contudo, a concretização desta visão exigirá um equilíbrio rigoroso entre inovação técnica, responsabilidade ética e compromisso institucional com a acessibilidade, assegurando que a evolução tecnológica se traduz em benefícios reais para todos os estudantes [1, 14, 20, 21, 22, 36].

I.5. Síntese Crítica do Estado da Arte

I.5.1. Lacunas e oportunidades identificadas

A evolução da acessibilidade digital na educação tem refletido uma mudança de paradigma que vai além da mera conformidade técnica com normas internacionais. A investigação mais recente evidencia uma transição de abordagens centradas em requisitos formais para modelos de inclusão sustentados por princípios pedagógicos, éticos e tecnológicos integrados. A Diretiva (UE) 2016/2102 [9], o Decreto-Lei n.º 83/2018 [10] e a Estratégia Europeia sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência 2021-2030 [5], definem uma estrutura normativa sólida para assegurar a acessibilidade dos serviços e conteúdos digitais. No entanto, a aplicação prática dessas orientações nas instituições de ensino continua desigual e dependente da literacia digital inclusiva dos profissionais, bem como da capacidade das plataformas de aprendizagem de incorporar efetivamente os princípios do design universal.

Os autores Sanderson, Kessel e Chen em [12], mostram que muitos docentes desconhecem ainda os fundamentos do desenho inclusivo e das normas de acessibilidade digital, o que leva à criação de materiais pouco adequados para estudantes com necessidades específicas. Essa lacuna formativa é agravada por limitações estruturais das próprias plataformas de gestão da aprendizagem. Russo [13]. observa que, embora os LMS tenham evoluído para

ambientes cada vez mais complexos e colaborativos, os componentes de diversidade, equidade, inclusão e acessibilidade (DEIA) são frequentemente tratados como módulos acessórios e não como elementos centrais do design. Mitre e Zeneli [1] sublinham que a IA pode desempenhar um papel decisivo na promoção da acessibilidade e inclusão no ensino superior, desde que integrada em práticas pedagógicas e institucionais que considerem as necessidades específicas dos estudantes com deficiência. Os autores destacam que a adoção de tecnologias avançadas só se traduz em benefícios reais quando acompanhada de estratégias de implementação inclusivas e sustentadas.

As tecnologias de apoio tradicionais desempenharam um papel fundamental na inclusão educacional, mas revelaram também os limites de um modelo centrado em soluções isoladas. McNicholl et al. [17] mostram que, embora ferramentas como leitores de ecrã, ampliadores de texto e dispositivos de entrada alternativa tenham ampliado a autonomia de muitos estudantes, persistem limitações relacionadas com a formação dos utilizadores, a variabilidade na qualidade dos recursos digitais e a insuficiente preparação das instituições para apoiar o uso eficaz destas tecnologias. De forma convergente, Fernández-Batanero et al. [18] e Papadopoulos et al. [19] sublinham que a acessibilidade baseada apenas em ferramentas compensatórias é insuficiente para responder à diversidade cognitiva e sensorial dos aprendentes, defendendo a necessidade de um ecossistema educativo em que tecnologia, pedagogia e política institucional atuem de forma concertada. A literatura converge, assim, na ideia de que a acessibilidade digital requer uma abordagem sistémica e interdisciplinar, sustentada em normas, formação docente e inovação tecnológica.

Apesar desta evolução, a literatura continua a revelar lacunas significativas no que respeita à utilização de tecnologias de voz e de interfaces multimodais no ensino superior. A maioria dos estudos centra-se ainda em agentes conversacionais textuais, deixando pouco explorados os impactos pedagógicos da integração de modelos de reconhecimento e síntese de fala, especialmente em línguas menos representadas, como o português europeu. Além disso, são escassas as análises que avaliam a eficácia da multimodalidade, combinando voz, texto e elementos visuais, em contextos educativos inclusivos, apesar das evidências recentes que demonstram o seu potencial para melhorar a presença social e reduzir a carga cognitiva dos utilizadores [35,36].

Neste contexto, a IA surge como um vetor promissor, mas também desafiante, na promoção da inclusão. Holmes et al. [14] referem que a IA pode contribuir para a personalização da aprendizagem, ajustando conteúdos e métodos às necessidades individuais dos estudantes. Mitre e Zeneli [1] e Labadze et al. [2] apontam igualmente o potencial dos *chatbots* educativos e dos sistemas de reconhecimento e síntese de voz (TTS/STT) para mediar a comunicação, oferecer apoio contextual e reduzir barreiras sensoriais. Contudo, He et al. [15] alertam para as fragilidades éticas e técnicas dessas tecnologias, nomeadamente quanto à explicabilidade das decisões algorítmicas, à fiabilidade linguística e à proteção de dados sensíveis. Assim, embora as ferramentas de IA representem um avanço significativo, a investigação evidencia a necessidade de as alinhar com princípios de transparência, equidade e acessibilidade universal, conforme defendem Floridi e Cowls [21] e a Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial da UNESCO [20].

Da análise crítica da literatura emergem diversas lacunas que fundamentam a pertinência do presente estudo. Em primeiro lugar, persiste uma integração limitada da acessibilidade nos processos de conceção e avaliação das plataformas educativas, o que compromete a consistência da experiência dos utilizadores com deficiência. Em segundo lugar, observa-se uma escassez de investigações empíricas que avaliem de forma sistemática o impacto de tecnologias de voz e agentes conversacionais no contexto do ensino superior em português europeu. Em terceiro, não existem ainda métricas padronizadas para quantificar os ganhos de acessibilidade e usabilidade associados à adoção de soluções baseadas em IA. Por último, a literatura revela uma falta de interoperabilidade entre tecnologias de apoio tradicionais e sistemas inteligentes, o que dificulta a criação de ecossistemas integrados de apoio à aprendizagem inclusiva.

Estas lacunas orientam a presente dissertação, cujo objetivo é avaliar empiricamente o contributo das tecnologias de voz e dos agentes conversacionais para a acessibilidade digital em contextos de e-learning. A investigação procura compreender em que condições estas soluções podem complementar ou superar as tecnologias de apoio clássicas, promovendo uma aprendizagem mais equitativa e participativa. Ao articular fundamentos normativos, tecnológicos e pedagógicos, este estudo propõe-se contribuir para o desenvolvimento de práticas baseadas em evidência que reforcem a inclusão e a qualidade da experiência educativa. Deste modo, a síntese crítica apresentada neste capítulo

estabelece a ligação conceptual com a metodologia descrita no Capítulo seguinte, que operacionaliza as dimensões de análise identificadas na revisão da literatura.

I.5.2. Justificação da investigação

A análise crítica do estado da arte permite justificar a pertinência e a originalidade da proposta apresentada nesta dissertação.

Em primeiro lugar, pretende-se responder à carência identificada de estudos empíricos rigorosos sobre desempenho técnico de sistemas conversacionais aplicados ao ensino superior. Ao adotar uma metodologia quantitativa e controlada, baseada em métricas como Precisão de Resposta (PR), Tempo Médio de Resposta (TMR), Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz (TERV), Clareza da Voz Sintetizada (CVS) e Estabilidade do Sistema (ES), o trabalho contribui para a definição de um quadro de avaliação replicável e comparável.

Em segundo lugar, a investigação propõe um modelo conversacional concebido segundo princípios de acessibilidade universal, combinando análise documental, comunicação multimodal (texto e voz) e integração com motores de IA locais. Esta abordagem não se limita a explorar o potencial da IA, mas procura demonstrar a sua viabilidade técnica e social no apoio a estudantes com necessidades especiais, um público ainda sub-representado na investigação tecnológica.

A proposta também se distingue por adotar uma perspetiva eticamente orientada, em consonância com as recomendações da UNESCO [20] e os princípios de justiça e explicabilidade definidos por Floridi e Cowls [21]. A escolha de tecnologias de código aberto e a execução local do sistema refletem uma preocupação com a privacidade, a transparência e a soberania dos dados, aspetos cada vez mais relevantes em ambientes académicos.

Por fim, ao focar-se no contexto do ensino superior português, esta dissertação contribui para preencher a lacuna linguística e cultural identificada na literatura. A implementação e validação de um sistema de conversação em português europeu representam não apenas uma extensão técnica das investigações anteriores, mas também um avanço conceptual na direção de uma IA educativa inclusiva, sustentável e adaptada à realidade local.

Assim, o presente trabalho posiciona-se no cruzamento entre inovação tecnológica e compromisso social, articulando rigor científico, acessibilidade e responsabilidade ética. A

revisão do estado da arte evidencia que este é um domínio em rápida evolução, mas ainda carente de investigações sistemáticas que combinem desempenho técnico, usabilidade e impacto inclusivo — dimensões que constituem o núcleo desta investigação.

De igual modo, a investigação emergente aponta para a relevância crescente de modelos de voz mais avançados, incluindo arquiteturas que integram de forma conjunta tarefas de STT e TTS [34] e sistemas multimodais suportados por modelos transformadores de última geração [15]. Estas tendências reforçam a pertinência de explorar soluções conversacionais acessíveis e sensíveis ao contexto, um domínio ainda pouco estudado na literatura nacional e internacional.

II. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

II.1 Abordagem e paradigma de investigação

II.1.1. Natureza da investigação

A presente investigação insere-se no âmbito da investigação aplicada, com objetivo de desenvolvimento e validação de um protótipo tecnológico. O objeto central do estudo é um assistente virtual académico com suporte de interação por voz, concebido para responder a perguntas em linguagem natural com base em documentos académicos fornecidos pelos docentes.

Do ponto de vista da sua finalidade, trata-se de um estudo de natureza experimental e exploratória. É experimental porque envolve a definição de cenários de teste, o controlo sistemático de variáveis e a medição objetiva de métricas de desempenho do sistema. É exploratório porque procura avaliar a viabilidade técnica da solução proposta, identificando limitações, oportunidades de melhoria e implicações para o uso futuro em contexto educativo.

A investigação assume ainda um carácter tecnológico, na medida em que o principal resultado esperado é um protótipo funcional – e não apenas um modelo teórico – integrando módulos de processamento de linguagem natural, pesquisa semântica, reconhecimento de voz (STT) e síntese de voz (TTS).

Em síntese, a natureza da investigação pode ser caracterizada como:

- aplicada, por visar a resolução de um problema concreto no contexto académico (apoio ao estudo com acessibilidade por voz);
- tecnológica, por assentar no desenvolvimento e integração de um protótipo funcional;
- experimental, por recorrer a procedimentos de teste controlado e mensuração de métricas;
- exploratória, por procurar demonstrar a viabilidade e limites da solução proposta.

II.1.2. Paradigma e racional metodológico

O estudo adota um paradigma quantitativo de índole experimental, centrado na medição e análise de indicadores objetivos de desempenho do sistema. A unidade de análise não são

indivíduos ou grupos de utilizadores, mas sim o comportamento do protótipo perante um conjunto de cenários de teste definidos.

O racional metodológico assenta em três princípios fundamentais:

- Reprodutibilidade dos testes – Os procedimentos de validação foram concebidos de forma a poderem ser repetidos nas mesmas condições, utilizando os mesmos cenários de perguntas, os mesmos documentos académicos e a mesma configuração técnica (hardware, software e ambiente de execução).

Esta opção visa garantir que os resultados obtidos não dependem de fatores casuais, mas refletem o desempenho intrínseco do sistema.

- Controlo de variáveis externas – A investigação foi deliberadamente conduzida sem a participação de utilizadores finais.

Esta decisão permite minimizar a influência de variáveis externas difíceis de controlar, tais como:

- diferenças de pronúncia, ritmo e entoação na fala;
- variações de ruído ambiente;
- flutuações na qualidade do equipamento de áudio;
- subjetividade na formulação de perguntas e na avaliação das respostas.

Ao reduzir estes fatores, aumenta-se a validade interna do estudo, concentrando a análise no comportamento técnico do sistema.

- Foco na avaliação objetiva da arquitetura tecnológica – o objetivo central da metodologia é validar a arquitetura proposta, isto é, a combinação entre motor de perguntas e respostas, base vetorial de conhecimento, módulos de voz e interface web – através de métricas claras, como precisão das respostas, tempo médio de resposta, taxa de erro de transcrição, clareza da voz sintetizada e estabilidade do sistema.

A interação é tratada como um processo técnico (entrada → processamento → saída), e não como um fenómeno social ou pedagógico, o que justifica a predominância de instrumentos automáticos de registo e análise.

Neste enquadramento, o paradigma experimental adotado permite:

- testar de forma sistemática as diferentes componentes do sistema (*Q&A*, *STT*, *TTS*, interface);

- comparar resultados com metas pré-definidas de desempenho;
- identificar gargalos técnicos e limitações da solução;
- preparar o terreno para estudos futuros orientados para a experiência de utilizador e impacto pedagógico, que poderá envolver participantes externos depois de assegurada a maturidade tecnológica do protótipo.

Assim, a abordagem e o paradigma de investigação sustentam uma metodologia rigorosa, controlada e reproduzível, adequada ao objetivo de demonstrar a viabilidade técnica de um assistente virtual académico com acessibilidade por voz.

II.2 Requisitos Funcionais do Sistema

Entre os requisitos funcionais, tal como representados no diagrama de casos de uso (Figura 1), consideram-se os seguintes:

- Seleção de disciplina / domínio documental – O utilizador deve conseguir escolher a disciplina antes de perguntar.
- Perguntas por texto – O utilizador deve conseguir escrever perguntas na interface e receber resposta.
- Perguntas por voz – O utilizador deve conseguir falar, o sistema deve transcrever em tempo real e submeter a pergunta automaticamente.
- Respostas fundamentadas em documentos – O sistema deve recuperar excertos relevantes da base de dados vetorial e gerar resposta com base nesses excertos.
- Citações e rastreabilidade – Cada resposta deve apresentar documentos fonte, página e excerto.
- Saída por voz – O sistema deve conseguir ler a resposta, com controlo básico.
- Feedback de estado – A UI deve indicar estados como:
 - “a ouvir...”
 - “a processar...”
 - “a responder...”
- Registo automático (logs) – O backend deve registar timestamps, latência, erros, pergunta, resposta e fontes.
- Gestão de erros e recuperação – Em caso de falha, o sistema deve notificar o utilizador.

- Gestão/atualização – Possibilidade de:
 - processar PDFs
 - gerar embeddings
 - atualizar/reconstruir índices FAISS por disciplina

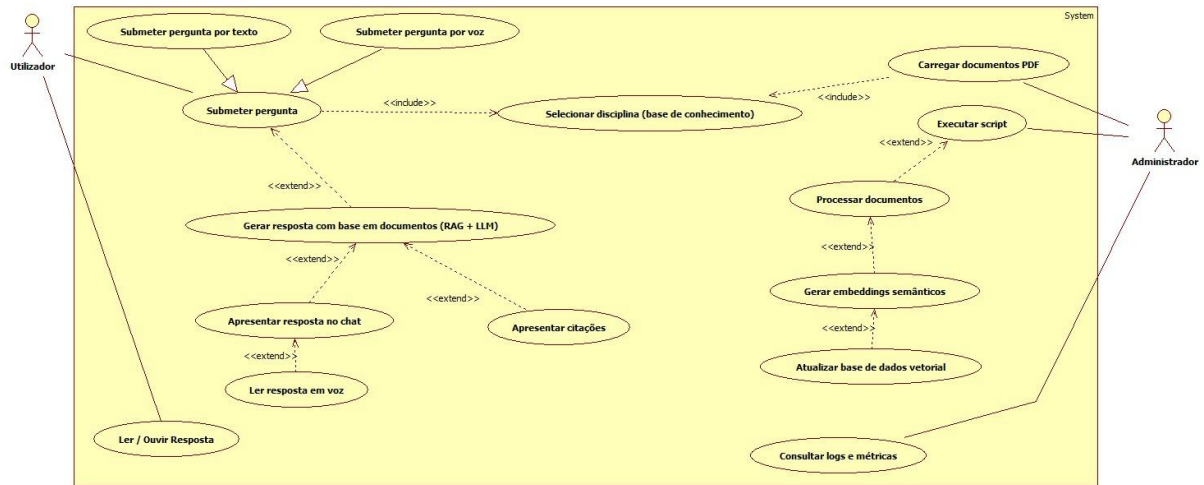


Figura 1 - Diagrama de Casos de Uso

II.3 Requisitos Não Funcionais do Sistema

Para além dos requisitos funcionais, há a necessidade de assegurar os seguintes requisitos não funcionais:

- Desempenho – O Tempo médio de resposta (TMR) deve ser estável e aceitável
- Precisão / Qualidade – A resposta deve ser semanticamente correta e baseada nos documentos
- Fiabilidade e estabilidade – Deve suportar uso contínuo sem falhas:
- Privacidade – O Processamento deve ser local, ou seja, documentos e vozes não devem ser enviados para serviços externos.
- Segurança – Proteger endpoints contra requests inválidos/malformados, limitação básica se necessário. Evitar exposição de caminhos locais/ficheiros sensíveis nas respostas/logs.
- Usabilidade – Interface simples, responsiva e com feedback claro.

- Acessibilidade – Deve suportar compatibilidade com navegação por teclado, suporte multimodal e leitura automática das respostas.
- Portabilidade – Instalação e execução previsível em máquinas equivalentes:
 - dependências documentadas (Python/Node/Ollama)
 - configuração reprodutível
- Manutenibilidade – Código modular com possibilidade de trocar modelos (LLM, embeddings, STT) sem reescrever toda a aplicação.
- Observabilidade – Criação de logs estruturados e exportáveis com métricas recolhidas automaticamente-
- Escalabilidade (limitada ao contexto local) – Conseguir lidar com múltiplas perguntas consecutivas sem degradação acentuada e suportar expansão.

II.4 Workflow do Sistema Proposto

De forma a ilustrar o funcionamento do sistema, o esquema seguinte (Figura 2) mostra a sequência de atividades.

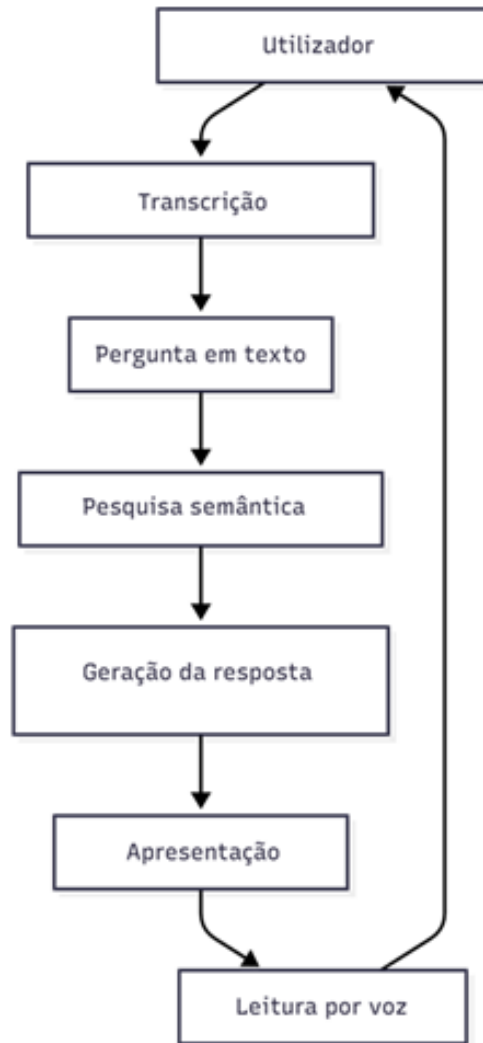


Figura 2 - Workflow do Sistema

III. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO E PROVA DE CONCEITO

III.1. Desenho da investigação e plano de trabalho

III.1.1. Estrutura experimental

O desenho da investigação adotado neste estudo segue um modelo experimental estruturado, orientado para avaliar o desempenho técnico do protótipo desenvolvido.

A construção do design tem por base três níveis complementares:

- Nível funcional (arquitetura e componentes do sistema)

Estruturação do protótipo em módulos independentes, incluindo:

- motor de perguntas e respostas (Q&A);
- base vetorial de conhecimento (FAISS);
- módulos de voz (STT e TTS);
- interface conversacional em React;
- backend em FastAPI para processamento e comunicação.

- Nível experimental (execução dos testes)

Definição de cenários de teste representativos das interações previstas com o sistema, tais como:

- perguntas factuais e contextuais;
- entrada de voz para transcrição automática;
- leitura por voz das respostas;
- testes de carga e estabilidade operacional.

- Nível avaliativo (mensuração e análise)

Cálculo e interpretação das métricas definidas:

- Precisão das respostas (PR);
- Tempo Médio de Resposta (TMR);
- Taxa de Erro de Transcrição (TERV);
- Clareza da Voz Sintetizada (CVS);
- Estabilidade do Sistema (ES);

Este enquadramento permite testar a solução de forma modular, controlada e reproduzível, garantindo que cada componente é avaliada individualmente e em conjunto no sistema completo.

III.1.1.1. Requisitos Mínimos

Sistema Operativo

- Windows 10/11 (64-bit), ou alternativa equivalente:

Hardware mínimo recomendado

- CPU: 4 cores / 8 threads (ex.: Intel i5 / Ryzen 5 ou equivalente)
- RAM: 16 GB (mínimo aceitável); 32 GB recomendado para maior estabilidade com LLM local
- Armazenamento: SSD com pelo menos 15–30 GB livres (modelos + índices + cache)
 - GPU: não obrigatória, mas recomendada para LLM/Whisper (dependendo da configuração)
- Microfone: necessário para entrada de voz
- Áudio/colunas: necessário para saída de voz

Software / Runtime

- Navegador: Google Chrome (ou outro compatível com Web Speech API)
- Python: 3.10+
- Node.js: 18+ (para o frontend React)
- Ollama: instalado e com o modelo Mistral disponível
- Dependências Python: FastAPI, Uvicorn, FAISS, bindings Whisper (Faster-Whisper), etc.

III.1.1.2. Características do equipamento utilizado

Processador: Intel Core i5 11400F 2.6 GHz, com overclock ativo a 4 GHz

MotherBoard: Gigabyte B460M DS3H V2

Placa gráfica: NVIDIA RTX 3060 Ti 8GB

Memória RAM: 16 GB DDR4-3000

Headset: HyperX Cloud II (com microfone)

Teclado: HyperX

Rato: Steelseries Aerox 3

Monitor: AOC 240Hz

Sistema Operativo: Windows 11 Pro

III.1.2. Arquitetura funcional do sistema

A arquitetura do sistema foi concebida para suportar o plano experimental e garantir um fluxo de processamento eficiente.

É organizada em três camadas principais:

1. Camada de Dados

- Processamento de documentos PDF fornecidos pelos docentes.
- Extração de texto com PyMuPDF / pdfminer.
- Segmentação do conteúdo em blocos de 400–500 tokens.
- Geração de embeddings com o modelo nomic-embed-text (Ollama).
- Armazenamento vetorial em FAISS, separado por disciplina.

Esta camada constitui a base documental que sustenta o sistema de perguntas e respostas.

2. Camada de Processamento

Implementada em Python com FastAPI, integra:

- motor de Q&A baseado no modelo Mistral 7B via Ollama;
- recuperação de contexto pela base FAISS (retriever semântico);
- módulo STT com Faster-Whisper em execução local;
- coordenação dos processos de transcrição → consulta → geração de resposta.

O backend processa simultaneamente:

- pedidos HTTP para interação textual (/chat);
- fluxos contínuos de áudio via WebSocket (/stt-stream).

3. Camada de Interface

Desenvolvida em React, fornece:

- ambiente de chat para interação textual e vocal;
- gravação de áudio e envio para o backend;
- apresentação das respostas com citações automáticas;
- síntese de voz via SpeechSynthesis API.

O fluxo global pode ser descrito como:

fala/texto → transcrição (STT) → recuperação de informação (FAISS) → geração da resposta (LLM) → leitura por voz (TTS).

III.1.3. Componentes Principais

A integração dos módulos segue uma lógica sequencial:

- Upload e indexação dos documentos:
Cada PDF é convertido em texto, segmentado e transformado em embeddings.
Os vetores são guardados em FAISS com metadados (documento, página, excerto).
- Motor de Q&A (Retrieval-Augmented Generation)
 - Recebe a pergunta (texto ou transcrição de voz).
 - Executa pesquisa semântica na FAISS.
 - Compõe um *prompt* com os trechos relevantes.
 - Gera a resposta com o modelo Mistral.
 - Devolve texto + citações automáticas.
- Módulo STT
 - Usa Faster-Whisper em modo *stream* via *WebSocket*.
 - Transcreve áudio em tempo real (português europeu).
 - Envia transcrição final para o motor de Q&A.
- Módulo TTS
 - Implementado no frontend com vozes nativas do sistema.
 - Lê automaticamente cada resposta gerada.
- Frontend (React)
 - Interface conversacional com histórico, animação de texto e controlo de voz.
 - Comunicação combinada HTTP (texto) + *WebSocket* (áudio).
- Backend (FastAPI)
 - Orquestração global dos processos
 - Gestão assíncrona de pedidos
 - Registo de *logs* e métricas automáticas.

III.1.4. Tecnologias e ferramentas utilizadas

A escolha tecnológica privilegia:

- execução local, garantindo privacidade total;
- modelos *open-source*, reduzindo custos;
- modularidade, que facilita manutenção e expansão;
- compatibilidade com o plano experimental.

Principais tecnologias:

- FastAPI, Python 3.10+, React, Tailwind
- Mistral 7B, Ollama, FAISS, nomic-embed-text
- Faster-Whisper, SpeechSynthesis API
- Uvicorn, Node.js, LangChain

As escolhas são justificadas pela eficiência computacional, maturidade das bibliotecas e facilidade de integração.

III.1.5. Plano de desenvolvimento e integração

O plano de trabalho foi desenvolvido em ciclos iterativos:

- Conceção e planeamento
 - definição dos módulos do sistema;
 - seleção das ferramentas e modelos;
 - desenho do pipeline de dados e da arquitetura.
- Desenvolvimento do protótipo
 - implementação do *backend*, *frontend* e *pipeline de embeddings*;
 - integração dos módulos STT e TTS;
 - construção da interface e estrutura de dados.
- Testes técnicos preliminares
 - verificação de funcionamento individual dos módulos;
 - calibração do *streaming* de áudio e da latência;
 - otimização do processamento local.
- Validação experimental
 - execução dos cenários de teste;

- recolha sistemática de logs e métricas;
- comparação com metas de desempenho.
- Ajustes e refinamentos
 - correção de anomalias;
 - melhoria da responsividade da interface;
 - afinação do *prompt* e do *retriever* FAISS.

Este plano assegurou uma progressão coerente desde a conceção até à validação final, permitindo garantir a maturidade técnica do protótipo antes da análise dos resultados.

III.2. Etapas do estudo

O estudo foi estruturado em três grandes etapas sequenciais, correspondentes ao ciclo completo de desenvolvimento, integração e validação técnica do protótipo. Esta organização permitiu evoluir progressivamente desde a fase conceptual até à análise experimental dos resultados, mantendo controlo metodológico rigoroso em todas as fases.

III.2.1. Fase 1 – Desenvolvimento do protótipo

A primeira fase consistiu na construção da solução tecnológica, de acordo com a arquitetura definida no desenho da investigação. O objetivo principal foi obter um protótipo funcional totalmente autónomo, capaz de:

- interpretar perguntas em português europeu;
- recuperar informação relevante a partir de documentos académicos;
- gerar respostas contextualizadas;
- transcrever voz em tempo real;
- sintetizar as respostas por voz;
- operar exclusivamente em modo local, garantindo privacidade e reprodutibilidade.

Principais atividades desta fase:

- Implementação do motor de perguntas e respostas (Q&A)
 - Utilização do modelo Mistral 7B (via Ollama);
 - Construção do pipeline RAG com *embeddings* gerados pelo modelo nomic-embed-text;
 - Configuração da base vetorial FAISS por disciplina;

- Criação da lógica de citações automáticas.
- Construção da base documental
 - Extração de texto dos PDFs;
 - Segmentação em blocos semânticos;
 - Geração e indexação de *embeddings*;
 - Armazenamento organizado por disciplina.
- Implementação dos módulos de voz
 - STT com Faster-Whisper em execução local;
 - *Streaming* áudio via WebSocket (PCM16 → STT);
 - TTS com SpeechSynthesis API (vozes nativas PT-PT).
- Desenvolvimento da interface conversacional (React)
 - Chat com histórico e animação progressiva de texto;
 - Botão de gravação de áudio com indicadores visuais;
 - Envio automático de transcrições para o backend;
 - Leitura automática das respostas em TTS.
- Orquestração backend–frontend (FastAPI + React)
 - Rotas HTTP para perguntas textuais (/chat);
 - *WebSocket* para transcrição de voz (/stt-stream);
 - Registo automático de logs, métricas e exceções.

A fase 1 resultou num protótipo operacional completo, pronto para ser submetido a testes técnicos e validação experimental (Figura 3).

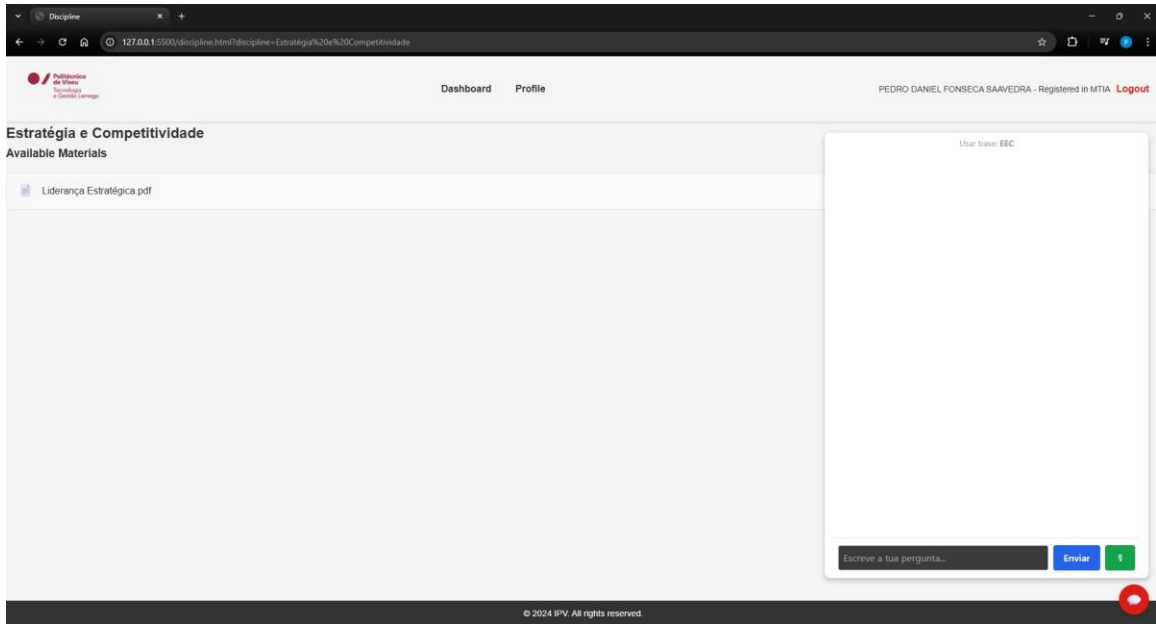


Figura 3 - Protótipo Funcional criado na Fase 1

III.2.2. Fase 2 – Integração e testes técnicos

Após concluído o protótipo funcional, procedeu-se à sua avaliação técnica preliminar. Esta fase teve como objetivo:

- garantir a correta integração entre todos os módulos;
- verificar o comportamento do sistema em condições reais de uso;
- identificar falhas, gargalos e oportunidades de melhoria.

Testes realizados nesta fase:

- Testes de integração
 - Comunicação contínua via *WebSocket*;
 - Sincronização entre STT → Q&A → TTS;
 - Comportamento da interface sob múltiplos pedidos consecutivos.
- Testes de desempenho
 - Medição do tempo médio de resposta (TMR);
 - Latência durante *streaming* de áudio;
 - Tempo de transcrição do Whisper em CPU.
- Testes de robustez e tolerância a carga
 - Execução de sequências prolongadas de perguntas;
 - Avaliação da estabilidade do *WebSocket*;

- Verificação de eventuais quebras no backend.
- Correção de falhas e otimização
 - Ajuste de parâmetros do Whisper;
 - Otimização do retriever FAISS;
 - Ajuste do prompt do modelo Mistral;
 - Melhorias na interface (feedback visual, estados de loading, etc.).

Esta fase garantiu que o protótipo funcionava de forma estável e coerente antes da recolha formal de dados para análise (Figura 4).

```

run 'npm fund' for details
found 0 vulnerabilities
PS D:\Users\saave\Desktop\Projeto\chat-disciplina> npm run dev
> chat-disciplina@0.0.0 dev
> vite
19:36:12 [vite] (client) Re-optimizing dependencies because lockfile has changed
VITE v6.3.5 ready in 454 ms
  → Local:   http://localhost:5173/
  → Network: use --host to expose
  → press h + enter to show help
20:00:11 [vite] (client) hmr update /src/App.jsx, /src/index.css
INFO:   Started server process [12632]
INFO:   waiting for application startup.
INFO:   Application startup complete.
INFO:   127.0.0.1:55713 - "OPTIONS /chat HTTP/1.1" 200 OK
D:\Users\saave\Desktop\Projeto\api.py:53: LangChainDeprecationWarning: The class `OllamaEmbedding` was deprecated in LangChain 0.3.1 and will be removed in 1.0.0. An updated version of the class exists in the `class`-`langchain-ollama` package and should be used instead. To use it run `pip install -U :class:`-langchain-ollama` and import as `from :class:`-langchain_ollama import OllamaEmbeddings`.
  embedding_model = OllamaEmbeddings(model="nomic-embed-text")
D:\Users\saave\Desktop\Projeto\api.py:54: LangChainDeprecationWarning: The class `Ollama` was deprecated in LangChain 0.3.1 and will be removed in 1.0.0. An updated version of the class exists in the `class`-`langchain-ollama` package and should be used instead. To use it run `pip install -U :class:`-langchain-ollama` and import as `from :class:`-langchain_ollama import OllamaLM`.
  llm = Ollama(model="mistral")
D:\Users\saave\Desktop\Projeto\api.py:52: LangChainDeprecationWarning: The method `Chain._call` was deprecated in LangChain 0.1.0 and will be removed in 1.0. Use `meth:`-invoke` instead.
  resultado = qa.chain({"query": req.pergunta})
INFO:   127.0.0.1:55713 - "POST /chat HTTP/1.1" 200 OK
  
```

Figura 4 - Terminal VS Code durante testes

III.2.3. Fase 3 – Avaliação experimental

A terceira fase correspondeu à execução formal dos cenários de teste definidos na metodologia (Figura 5), com recolha sistemática de métricas para análise posterior.

O objetivo foi validar, de forma objetiva, o desempenho do sistema segundo as metas previamente estabelecidas.

Cenários testados:

- Perguntas factuais simples
 - Verificação da precisão de respostas com suporte documental direto.
- Perguntas contextuais complexas
 - Avaliação da capacidade interpretativa e do uso correto de múltiplos excertos.
- Entrada de voz (STT)
 - Medição da taxa de erro de transcrição (TERV) para frases curtas e médias.
- Saída de voz (TTS)

- Avaliação da clareza, naturalidade e inteligibilidade das respostas vocalizadas.
- Testes de estabilidade e carga
 - Sequências de 10 ou mais perguntas consecutivas;
 - Contagem de falhas e desconexões;
 - Avaliação da estabilidade global (ES).

Dados recolhidos:

- logs completos de interação;
- tempos de resposta;
- métricas de desempenho dos modelos;
- erros, exceções e comportamentos inesperados;
- observações qualitativas.

	A	B	C	D	E	F	G
92	1656	2025-1	IIC		Quando o número de apêndices ou anexos for superior a três, é recomendado incluir uma lista deles antes dos mesmos para facilitar a localização do material adicional pelo leitor.	TEMA 5A.pdf; TEMA true	
93	2348	2025-1	EEC	Quais são os quatro estilos da Teoria Situacional (SLI*)?	Os quatro estilos da Teoria Situacional SLI* são: diretivo, coaching, apoio e delegativo.	Liderança Estratégic true	
94	1913	2025-1	EEC	Quais são os quatro estilos da Teoria Situacional (SLI*)? O que estuda a Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX)?	Os quatro estilos da Teoria Situacional SLI* são: diretivo, coaching, apoio e delegativo. A Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX) estuda a relação entre o líder e cada membro de uma equipe, destacando que uma relação de alta qualidade resulta em maior motivação e compromisso.	Liderança Estratégic true	
95	479	2025-1	EEC		A Teoria Situacional SLI* identifica quatro estilos de liderança: diretivo, coaching, apoio e delegativo.	Liderança Estratégic true	
96	2033	2025-1	EEC	Quais são os quatro estilos da Teoria Situacional (SLI*)? O que estuda a Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX)?	A Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX) estudam as relações entre o líder e cada membro de uma equipe, destacando que uma relação de alta qualidade resulta em maior motivação e compromisso. Esta teoria forma-se um "grupo interno" com os membros mais próximos do líder e um "grupo externo" com os restantes, o que pode influenciar o desempenho e o envolvimento.	Liderança Estratégic true	
97	2282	2025-1	EEC	O que estuda a Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX)?	A Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX) estudada na área de liderança analisa a relação entre um líder e cada membro de uma equipe, destacando que uma relação de alta qualidade resulta em maior motivação e compromisso. Formam-se grupos interno e externo com os membros mais próximos do líder e os restantes, o que pode influenciar o desempenho e o envolvimento da equipa.	Liderança Estratégic true	
98	395	2025-1	EEC		Os quatro estilos da Teoria Situacional SLI* são: diretivo, coaching, apoio e delegativo.	Liderança Estratégic true	
99	278	2025-1	EEC	Quais são os quatro estilos da Teoria Situacional (SLI*)? Como se organiza o corpo textual de um artigo científico?	O corpo textual de um artigo científico é dividido em Introdução, Desenvolvimento (que pode ser subdividida em Revisão de Literatura, Método, Resultados e Discussão), Conclusões ou Considerações finais. A proporção recomendada para cada elemento textual em relação ao tamanho total do artigo é: Introdução - 01/10; Desenvolvimento - 2 a 3/10; Conclusão ou Considerações finais - 03/10. Este arranjo promove clareza e uniformidade na apresentação da informação.		
100	2652	2025-1	IIC	O que simboliza o uso de algarismos romanos para séculos?	Os algarismos romanos para séculos simbolizam a tradição histórica e a continuidade do tempo, na escrita.	TIA-IAC Sessão 5c - true	
101	2562	2025-1	IIC			TIA-IAC Tema 5b - D true	

Figura 5 - Exemplos de cenários testados e consequente avaliação

Esta fase produziu os dados que sustentam a análise e discussão do Capítulo IV desta dissertação.

III.2.4. Fluxo de funcionamento

O fluxo de funcionamento do sistema descreve, de forma sequencial e integrada, como os diferentes módulos interagem desde o momento em que o utilizador formula uma pergunta até à produção da resposta final, textual e vocal. Este fluxo operacional é fundamental para

compreender a lógica interna da arquitetura e o percurso dos dados ao longo das etapas de desenvolvimento, teste e validação.

O processo pode ser dividido em seis etapas principais, representando o ciclo completo de interação:

O utilizador inicia a interação através da interface desenvolvida em React, podendo escolher entre:

- entrada textual, através da caixa de mensagem;
- entrada por voz, ativada pelo botão de gravação (🎙), que inicia a captura de áudio pelo microfone.

No caso da gravação, o áudio é processado localmente no navegador por um *AudioWorklet* e convertido em blocos PCM16 de 16 kHz.

Quando a entrada é vocal:

- Os blocos de áudio PCM16 são enviados em tempo real para o backend através de uma ligação WebSocket.
- O backend acumula estes blocos e processa-os com o modelo Faster-Whisper, que realiza a transcrição em português europeu.
- O servidor detecta automaticamente o fim da fala e envia ao frontend uma mensagem JSON com a transcrição final.

Assim que o texto transcrito é recebido, a interface trata-o como uma pergunta normal e desencadeia o processo de consulta.

A pergunta (vinda de texto ou de voz) é enviada ao endpoint /chat do backend (FastAPI).

O backend executa então o pipeline RAG:

1. Conversão da pergunta em embedding, usando o modelo *nomic-embed-text*.
2. Consulta na base vetorial FAISS, identificando os segmentos mais semelhantes semanticamente.
3. Seleção do contexto relevante, composto por excertos documentais acompanhados de metadados (documento, página, texto original).

Este contexto é fundamental para assegurar a rastreabilidade e precisão das respostas.

A pergunta do utilizador, juntamente com o contexto extraído dos documentos, é integrada num prompt estruturado enviado ao modelo Mistral 7B (executado localmente via Ollama).

O modelo:

- analisa a pergunta;
- utiliza os excertos relevantes para gerar uma resposta contextualizada em português de Portugal;
- inclui referências ao(s) documento(s) de origem, garantindo transparência académica.

O resultado final é então devolvido ao backend na forma de texto.

A resposta é transmitida ao frontend, que a apresenta no chat através de:

- renderização progressiva do texto, simulando escrita gradual;
- apresentação das citações automáticas (documento e página);
- integração no histórico de mensagens.

Em paralelo, a interface regista:

- timestamps,
- tamanho da resposta,
- velocidade de geração,
- e eventuais erros, para posterior análise.

Quando a resposta é apresentada (Figura 6), o frontend ativa automaticamente o módulo TTS, implementado com a SpeechSynthesis API do navegador.

A resposta é vocalizada utilizando uma das vozes nativas em português europeu (ex.: Helia, Duarte), permitindo:

- acessibilidade universal,
- apoio a utilizadores com dificuldades de leitura,
- interação multimodal mais natural.

O utilizador pode:

- repetir a leitura (tecla “R”),
- interrompê-la,
- ou continuar a interação com texto ou voz.

Este circuito garante:

- baixo tempo de resposta,
- reprodutibilidade de testes,
- privacidade total (tudo processado localmente),
- integração fluida entre componentes e suporte multimodal contínuo.

logjsonl

```
{
  "type": "stt",
  "session_id": "cbcd7e64-0ef4-4ba0-8134-d39e3ecf4f21",
  "disciplina": "EEC",
  "scenario": null,
  "user_agent": "Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/142.0.0.0 Safari/537.36",
  "bytes": 144000,
  "duration_s": 4.5,
  "latency_ms": 7066,
  "text": "O que é a liderança estratégica?",
  "wav_path": "logs\\audio_1762189225230_beda4457.wav",
  "error": null,
  "model": {
    "stt": "whisper:small",
    "device": "cpu",
    "compute": "int8"
  },
  "info": {
    "language": "pt",
    "language_probability": 1,
    "duration": 4.5,
    "no_speech_prob": null,
    "segments": [
      {
        "s": 0.91,
        "e": 4.49,
        "t": "O que é a liderança estratégica?"
      }
    ],
    "ts": "2025-11-03T17:00:25.231Z",
    "datetime_utc": "2025-11-03T17:00:25.231Z",
    "event_id": "1a089195-fc84-43dd-a7bd-8eb607c8f15c"
  }
},
{
  "type": "chat",
  "disciplina": "EEC",
  "question": "O que é a liderança estratégica?",
  "answer": "A liderança estratégica refere-se à capacidade de um líder ou dirigente em desenvolver e implementar uma visão e uma estratégia para alcançar os objetivos organizacionais, enquanto se adapta aos desafios externos e internos. Os líderes estratégicos precisam ser proativos em adotar práticas sustentáveis e ajustar as operações às condições do mercado, preparando as organizações para enfrentar desafios inesperados e desenvolver resiliência. Neste contexto, com o aumento do trabalho remoto, os líderes precisam adaptar-se para gerir equipas à distância, garantindo comunicação eficiente, motivação e bem-estar dos colaboradores.",
  "answer_len": 630,
  "latency_ms": 15493,
  "sources": [
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 16,
      "excerto_len": 35
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 28,
      "excerto_len": 200
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 28,
      "excerto_len": 200
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 12,
      "excerto_len": 200
    }
  ],
  "models": {
    "embeddings": "nomic-embed-text",
    "llm": "mistral@ollama",
    "vectorstore": "faiss"
  },
  "ts": "2025-11-03T20:10:10.622Z",
  "datetime_utc": "2025-11-03T20:10:10.622Z",
  "event_id": "857549d7-2582-4cd4-954e-114bab3ecc26"
},
{
  "type": "chat",
  "disciplina": "EEC",
  "question": "O que caracteriza a Teoria Transformacional?",
  "answer": "A Teoria Transformacional caracteriza-se pela capacidade do líder de inspirar e motivar os seguidores para além das expectativas, promovendo mudanças positivas. Inclui quatro componentes principais: influência idealizada, motivação inspiradora, estimulação intelectual e consideração individualizada. É altamente valorizada em contextos que exigem inovação.",
  "answer_len": 358,
  "latency_ms": 17735,
  "sources": [
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 11,
      "excerto_len": 200
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 27,
      "excerto_len": 67
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 9,
      "excerto_len": 200
    },
    {
      "fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
      "pagina": 14,
      "excerto_len": 200
    }
  ],
  "models": {
    "embeddings": "nomic-embed-text",
    "llm": "mistral@ollama",
    "vectorstore": "faiss"
  },
  "ts": "2025-11-03T20:10:48.387Z",
  "datetime_utc": "2025-11-03T20:10:48.387Z",
  "event_id": "045cbb06-5b1c-4f47-bf57-e814d0ace0c7"
}
```

Figura 6 - Exemplo de log para interação por voz

III.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A recolha de dados constituiu uma etapa central da investigação, permitindo medir, de forma objetiva e sistemática, o desempenho do protótipo desenvolvido. Dado o carácter experimental e tecnológico do estudo, privilegiaram-se instrumentos de recolha baseados em registo automático, complementados por observação direta.

Os dados recolhidos visaram produzir evidência empírica sobre cinco dimensões fundamentais do sistema: precisão, velocidade, qualidade da transcrição, clareza da síntese de voz e estabilidade operacional.

III.3.1. Registo automatizado de interações

Todas as interações realizadas com o sistema foram registadas automaticamente no backend, através de logs estruturados gerados pela aplicação FastAPI. Cada registo inclui:

- pergunta submetida (texto ou transcrição de voz);
- timestamp de início e fim do processamento;
- tempo total de resposta;
- estado e integridade da ligação WebSocket (no caso do STT);
- resposta final gerada pelo modelo;
- fontes documentais consultadas (documento, página, excerto);
- erros, falhas ou interrupções ocorridas.

Estes dados fornecem um histórico completo e auditável de cada interação, permitindo análises retrospectivas e cálculo preciso das métricas de desempenho.

III.3.2. Métricas de desempenho

O backend recolheu automaticamente um conjunto de indicadores técnicos relacionados com o processamento da pergunta, nomeadamente:

- Tempo Médio de Resposta (TMR): diferença entre os timestamps de início e fim;
- Precisão de Resposta (PR): comparação entre a resposta do sistema e o conteúdo documental;
- Taxa de Erro de Transcrição (TERV): comparação automática entre input de voz e texto transcrito;

- Estabilidade do Sistema (ES): número de falhas, desconexões ou erros por sessão; Estas métricas constituem medidas objetivas que permitem caracterizar o desempenho global do sistema.

III.3.3. Registos de áudio e transcrições

O backend gravou um áudio .wav na mesma pasta de logs e recolheu automaticamente os indicadores técnicos relacionados com o processamento da pergunta, como referido no ponto anterior (Figura 7, Figura 8, Figura 9).

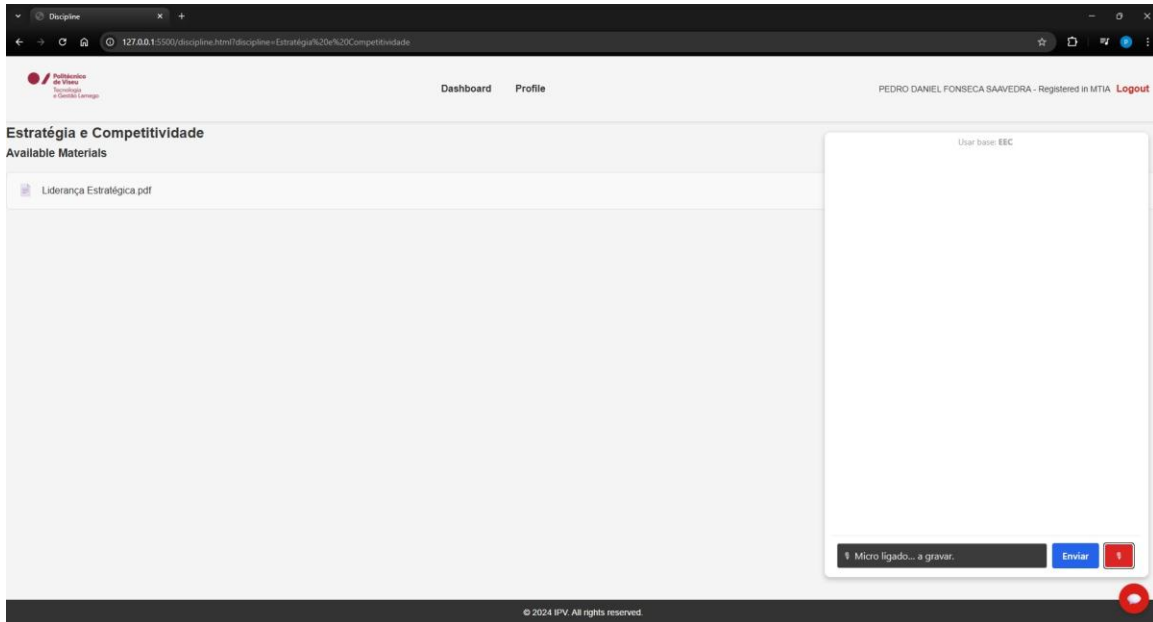


Figura 7 - Pergunta efetuada por voz

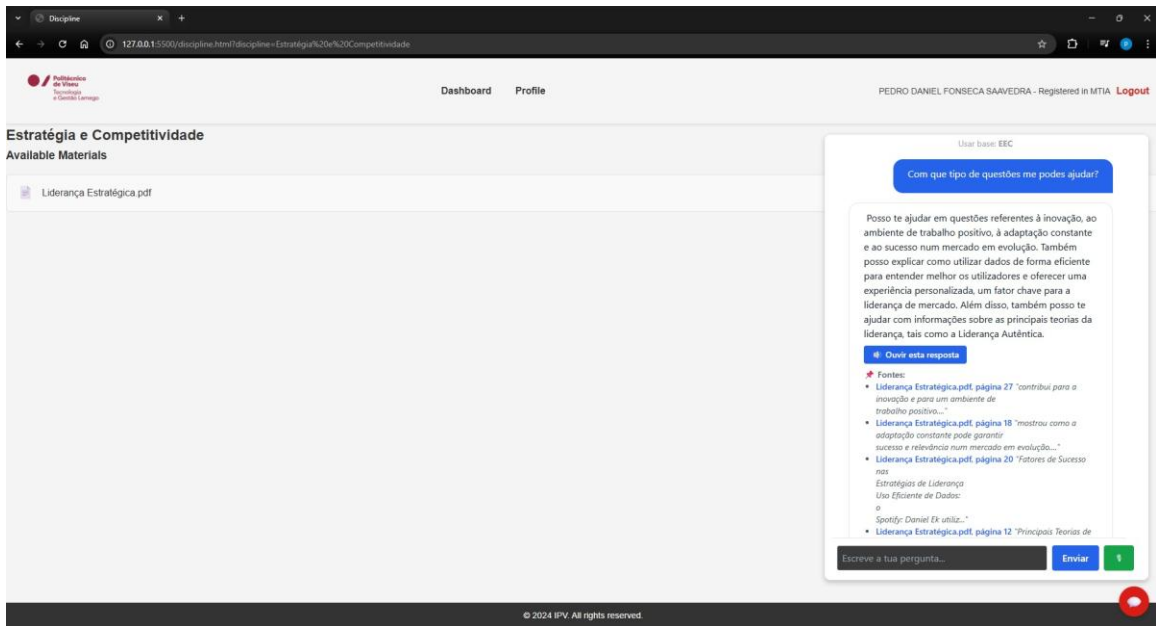


Figura 8 - Resposta à pergunta efetuada

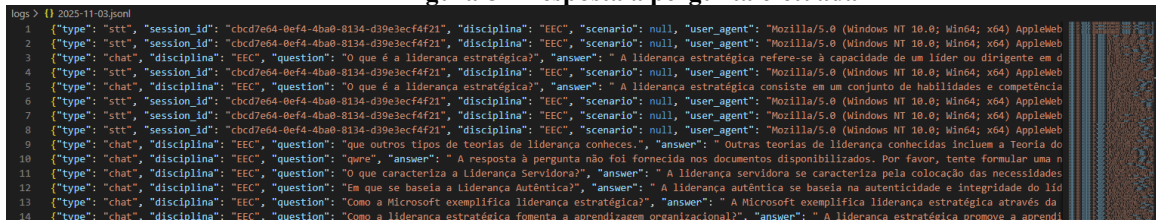


Figura 9 - Exemplo do registo automático dos logs

III.3.4. Registo das respostas e fontes documentais

Cada resposta gerada pelo modelo Mistral inclui:

- texto da resposta,
- lista de citações,
- documento de origem,
- número da página,
- excerto documental utilizado.

Estas informações foram recolhidas automaticamente e constituem um instrumento fundamental para:

- validar a precisão das respostas,
- confirmar a rastreabilidade da informação,
- detetar eventuais erros de recuperação semântica.

III.3.5. Observação direta dos resultados

Embora o estudo seja predominantemente automatizado, foram realizados registos complementares, incluindo:

- avaliação subjetiva da clareza e naturalidade da voz sintetizada (TTS);
- identificação de respostas ambíguas, incompletas ou parcialmente corretas;
- anotações sobre fluidez da interação multimodal (texto + voz);
- deteção manual de falhas inesperadas no frontend ou backend.

Esta observação qualitativa serviu para contextualizar os dados quantitativos e identificar fatores não captados pelos logs.

III.3.6. Controlo experimental e repetição dos testes

Para garantir consistência e comparabilidade, todos os testes foram realizados:

- no mesmo equipamento (hardware e software constantes);
- com a mesma configuração de rede, microfone e volume;
- sob condições semelhantes de ruído ambiente;
- repetindo cada cenário múltiplas vezes.

A repetição permitiu calcular valores médios, desvios padrão e variabilidade do desempenho, assegurando maior fiabilidade nos resultados obtidos.

III.4. Técnicas de análise de dados

A análise dos dados recolhidos teve como objetivo avaliar, de forma sistemática e objetiva, o desempenho técnico do protótipo desenvolvido.

Dada a natureza experimental do estudo, a análise combinou técnicas quantitativas, baseadas em métricas mensuráveis, com análise qualitativa, centrada na interpretação do comportamento do sistema em situações específicas.

III.4.1. Cálculo das métricas

O cálculo das métricas de desempenho foi realizado com base nos dados recolhidos automaticamente pelos logs do sistema e, em casos específicos, complementado por

observação direta. As métricas foram definidas de forma a permitir uma avaliação objetiva, mensurável e comparável do desempenho técnico do protótipo.

III.4.1.1. Precisão de Resposta (PR)

A Precisão de Resposta, representada na Fórmula 1, mede o grau de correspondência entre as respostas geradas pelo sistema e a informação presente nos documentos académicos de referência.

A avaliação foi realizada através da verificação manual da correção factual das respostas relativamente aos excertos documentais recuperados pelo sistema.

Fórmula:

$$PR = \frac{N_{\text{respostas corretas}}}{N_{\text{total de perguntas}}} \times 100$$

Fórmula 1 - Precisão de Resposta

onde:

$N_{\text{respostas corretas}}$ corresponde ao número de respostas consideradas corretas;

$N_{\text{total de perguntas}}$ corresponde ao total de perguntas efetuadas.

III.4.1.2. Tempo Médio de Resposta (TMR)

O Tempo Médio de Resposta, Fórmula 2, corresponde ao tempo decorrido entre o envio da pergunta (texto ou voz) e a receção da resposta final pelo utilizador.

Os tempos foram registados automaticamente através de *timestamps* no backend.

Fórmula:

$$TMR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{\text{fim}_i} - t_{\text{início}_i})$$

Fórmula 2 - Tempo Médio de Resposta

onde:

n é o número total de interações analisadas;

$t_{\text{início}_i}$ é o instante de envio da pergunta i ;

t_{fim_i} é o instante de receção da resposta i .

III.4.1.3. Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz (TERV)

A Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz, como referido na Fórmula 3, avalia a precisão do módulo STT, comparando o texto transcrito com a frase originalmente pronunciada.

Fórmula:

$$TERV = \frac{P_{incorretas}}{P_{totais}} \times 100$$

Fórmula 3 - Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz

onde:

$P_{incorretas}$ representa o número de palavras incorretamente transcritas;

P_{totais} corresponde ao total de palavras pronunciadas.

III.4.1.4. Clareza da Voz Sintetizada (CVS)

A Clareza da Voz Sintetizada, exposta na Fórmula 4, avalia a inteligibilidade e naturalidade do módulo TTS.

A métrica foi obtida através de uma avaliação subjetiva, recorrendo a uma escala de Likert de 1 a 5.

Fórmula (média das avaliações):

$$CVS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

Fórmula 4 - Clareza da Voz Sintetizada

onde:

v_i corresponde à classificação atribuída à resposta vocalizada i ;

n é o número total de respostas avaliadas.

III.4.1.5. Estabilidade do Sistema (ES)

A Estabilidade do Sistema, exposta na Fórmula 5, mede a robustez da aplicação durante sessões de utilização contínua, considerando a ocorrência de falhas, desconexões ou erros críticos.

Fórmula:

$$ES = 1 - \frac{N_{falhas}}{N_{sessões}}$$

Fórmula 5 - Estabilidade do Sistema

onde:

N_{falhas} representa o número de sessões com falhas registadas;

$N_{sessões}$ corresponde ao total de sessões analisadas.

III.4.2. Análise quantitativa

A análise quantitativa consistiu na interpretação estatística dos valores obtidos para cada métrica, confrontando-os com as metas de desempenho definidas na metodologia.

Para cada cenário de teste:

- os valores foram registados individualmente;
- calculou-se a média e, quando aplicável, o desvio padrão;
- os resultados foram comparados com os valores de referência estabelecidos.

As principais metas consideradas incluíram:

- $PR \geq 80\%$, indicando elevada correspondência com o conteúdo documental;
- $TMR \leq 5$ segundos, assegurando responsividade aceitável;
- $TERV \leq 10\%$, refletindo boa precisão do reconhecimento de voz;
- $ES \geq 0,9$, demonstrando estabilidade operacional;

A análise quantitativa permitiu identificar padrões de desempenho, bem como eventuais degradações em cenários de maior carga ou complexidade.

III.4.3. Análise qualitativa

A análise qualitativa teve como objetivo complementar os resultados quantitativos, fornecendo uma interpretação mais aprofundada do comportamento do sistema.

Esta análise baseou-se em:

- observações diretas durante os testes;
- análise de respostas parcialmente corretas ou ambíguas;
- avaliação da fluidez da interação multimodal (texto + voz);
- percepção da naturalidade e inteligibilidade da voz sintetizada.

Foram ainda analisados:

- casos de falha no reconhecimento de voz em condições específicas;
- respostas corretas do ponto de vista factual, mas pouco claras ou excessivamente longas;
- comportamentos inesperados da interface, como atrasos na renderização ou repetição de áudio.

A análise qualitativa permitiu identificar limitações que não são facilmente captadas por métricas numéricas, contribuindo para uma avaliação mais abrangente do sistema.

III.4.4. Síntese e ligação à avaliação

A síntese dos resultados quantitativos e qualitativos permitiu construir uma visão integrada do desempenho do protótipo.

Os dados analisados nesta secção constituem a base empírica para:

- a avaliação final da eficácia técnica do sistema;
- a identificação de pontos fortes e limitações;
- a discussão crítica apresentada no capítulo de análise de resultados.

Esta abordagem mista assegura que as conclusões do estudo são sustentadas por evidência mensurável e por interpretação contextual fundamentada.

III.5. Considerações éticas da investigação

A investigação foi conduzida de acordo com princípios éticos fundamentais, adequados à natureza tecnológica e experimental do estudo.

Embora não envolva participantes humanos, foram consideradas questões relacionadas com privacidade, transparência, integridade científica e reprodutibilidade.

III.5.1. Privacidade e execução local

Todos os componentes do sistema foram concebidos para funcionar em execução local, sem envio de dados para serviços externos.

Em particular:

- os documentos académicos permanecem armazenados localmente;
- os dados de voz são processados integralmente no dispositivo do utilizador;
- não ocorre armazenamento permanente de áudio nem transmissão para servidores de terceiros.

Esta abordagem garante a proteção da informação académica e respeita princípios de privacidade e confidencialidade.

III.5.2. Ausência de participantes humanos

O estudo não envolveu utilizadores externos nem recolheu dados pessoais de terceiros. Todas as interações foram realizadas em ambiente controlado.

Consequentemente:

- não foi necessário consentimento informado;

- não se colocaram questões relacionadas com anonimização de participantes;
- o foco manteve-se exclusivamente na avaliação técnica do sistema.

III.5.3. Transparência e rastreabilidade

A solução desenvolvida incorpora mecanismos de transparência, nomeadamente:

inclusão automática de citações documentais em cada resposta;

indicação da origem da informação (documento e página);

registo completo das interações e decisões do sistema.

Estes mecanismos permitem rastrear cada resposta até à sua fonte original, reforçando a credibilidade académica e prevenindo a geração de informação não fundamentada.

III.5.4. Reprodutibilidade e integração científica

A metodologia adotada foi concebida para assegurar reprodutibilidade científica, através de:

- descrição detalhada da arquitetura, ferramentas e configurações;
- execução local e controlada dos testes;
- definição clara das métricas e dos cenários experimentais.

Estas práticas contribuem para a integridade do estudo, permitindo que outros possam reproduzir os testes, validar os resultados ou estender a investigação em trabalhos futuros.

IV. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

IV.1. Cenários de teste e caracterização da amostra

A avaliação da ferramenta foi realizada através de cenários de teste controlados, previamente definidos na metodologia, com o objetivo de simular interações realistas entre um estudante universitário e o assistente virtual académico.

Os cenários de teste abrangeram diferentes modos de interação e funcionalidades do sistema:

- Perguntas factuais e contextuais, destinadas a avaliar a precisão e coerência das respostas geradas com base nos documentos académicos;
- Interações por voz (STT), focadas na transcrição automática da fala do utilizador;
- Reprodução de respostas por voz (TTS), avaliando a clareza e naturalidade da síntese vocal;
- Testes de desempenho e estabilidade, envolvendo sessões prolongadas de perguntas consecutivas.

Não tendo havido participação de utilizadores externos, a amostra do estudo corresponde ao conjunto de interações experimentais realizadas, totalizando 4 171 pedidos, distribuídos de forma equilibrada por três unidades curriculares distintas (EEC, IIC e S).

O corpus documental utilizado incluiu:

- apontamentos teóricos;
- resumos de aulas;
- slides de apresentações disponibilizados pelos docentes.

Todos os documentos foram previamente processados, segmentados e indexados na base vetorial FAISS, assegurando igualdade de condições entre os testes.

IV.2. Métricas e critérios de avaliação

A avaliação do protótipo baseou-se em métricas objetivas e qualitativas, definidas na metodologia (Capítulo II), permitindo uma análise rigorosa do desempenho técnico do sistema.

As métricas consideradas foram:

- **Precisão de Resposta (PR)** – proporção de respostas semanticamente corretas face ao conteúdo dos documentos originais, avaliada manualmente;

- **Tempo Médio de Resposta (TMR)** – tempo médio decorrido entre o envio da pergunta e a recepção da resposta final, calculado automaticamente a partir dos logs;
- **Taxa de Erro no Reconhecimento de Voz (TERV)** – baseada na métrica *Word Error Rate (WER)*, comparando o texto pronunciado com a transcrição gerada;
- **Clareza da Voz Sintetizada (CVS)** – avaliada numa escala Likert de 1 a 5, considerando inteligibilidade e naturalidade;
- **Estabilidade do Sistema (ES)** – frequência de falhas, crashes ou desconexões por sessão.

Os resultados obtidos foram comparados com as metas definidas na metodologia:

Tabela 1 - Métricas e Critérios

Métrica	Critério
PR	$\geq 80 \%$
TMR	$\leq 5-8 \text{ s}$
TERV	$\leq 10 \%$
CVS	$\geq 4 / 5$
ES	$\geq 0,9$

O sistema é considerado tecnicamente validado quando as métricas principais satisfazem estes critérios.

IV.3. Resultados obtidos e interpretação

As seguintes tabelas apresentam o resumo global das métricas obtidas após a execução dos cenários de teste.

Tabela 2 - Resultados obtidos

Métrica	Valor obtido	Observações
Precisão de Resposta (PR)	93 %	Avaliação manual (100 amostras)
Tempo Médio de Resposta (TMR)	6 270 ms ($\approx 6,27 \text{ s}$)	Média global
TMR p50 / p90 / p95	6 008 / 7 831 / 8 714 ms	Distribuição da latência
Estabilidade do Sistema (ES)	1,0	0 falhas em 4 171 pedidos
Tamanho médio da resposta	387 caracteres / 57 palavras	Respostas detalhadas
Fontes médias por resposta	4 documentos	Recuperação contextual múltipla

Tabela 3 - Pedidos por disciplina e respetivas métricas

Disciplina	n (pedidos)	ES	TMR (ms)	PR (%)
EEC	1 390	1,0	6 637	93,3 %
IIC	1 390	1,0	6 545	100 %
S	1 391	1,0	5 629	85,7 %

Os resultados indicam:

- elevada precisão global, superando a meta mínima de 80 %;
- estabilidade total do sistema, sem registo de falhas;
- tempo médio de resposta estável, dentro do intervalo aceitável para interação multimodal.

As figuras 10 a 14 são apresentadas no relatório automático do sistema e ilustram a distribuição das latências, a variação por disciplina e a relação entre o tamanho das respostas e o tempo de geração.

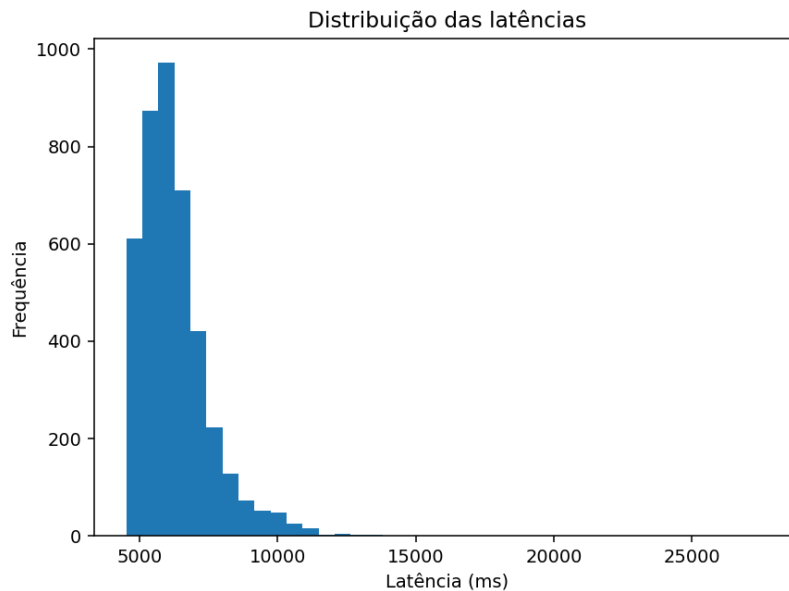


Figura 10- Distribuição das latências (histograma)

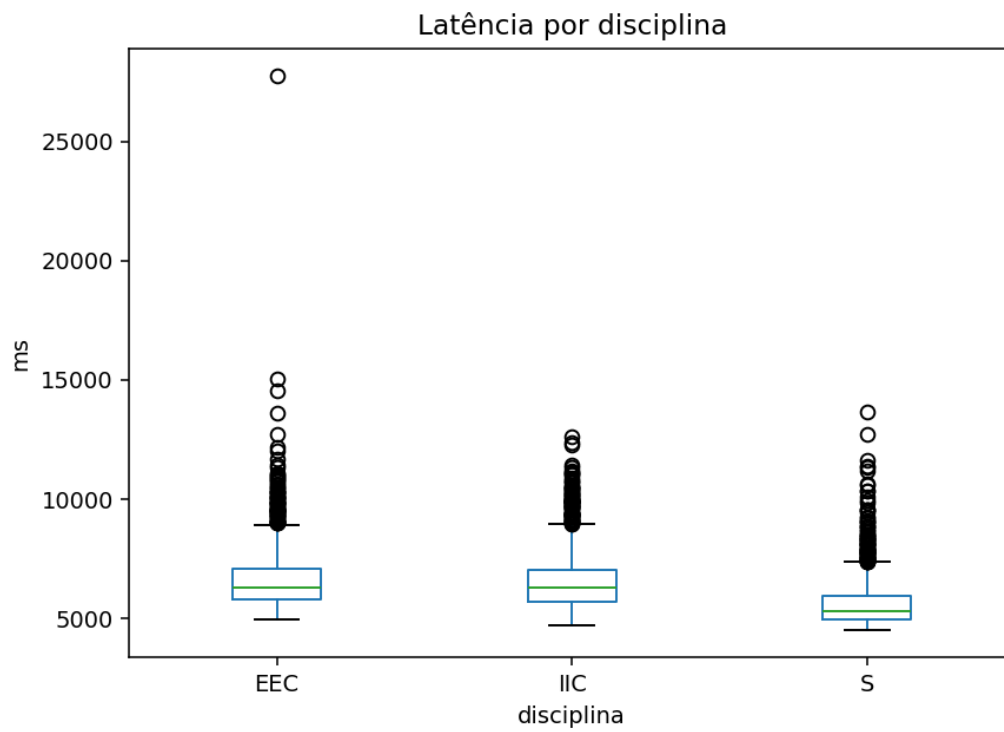


Figura 11 - Latência por disciplina (boxplot)

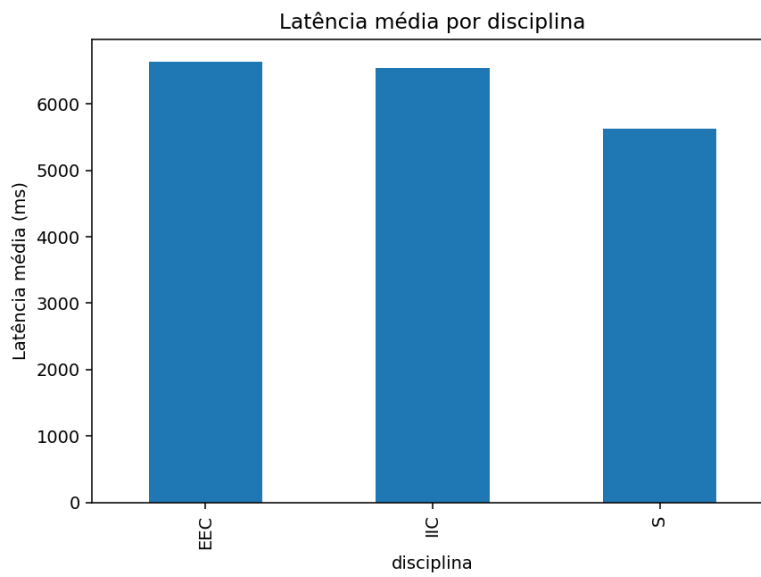


Figura 12 - Latência média por disciplina (barras)

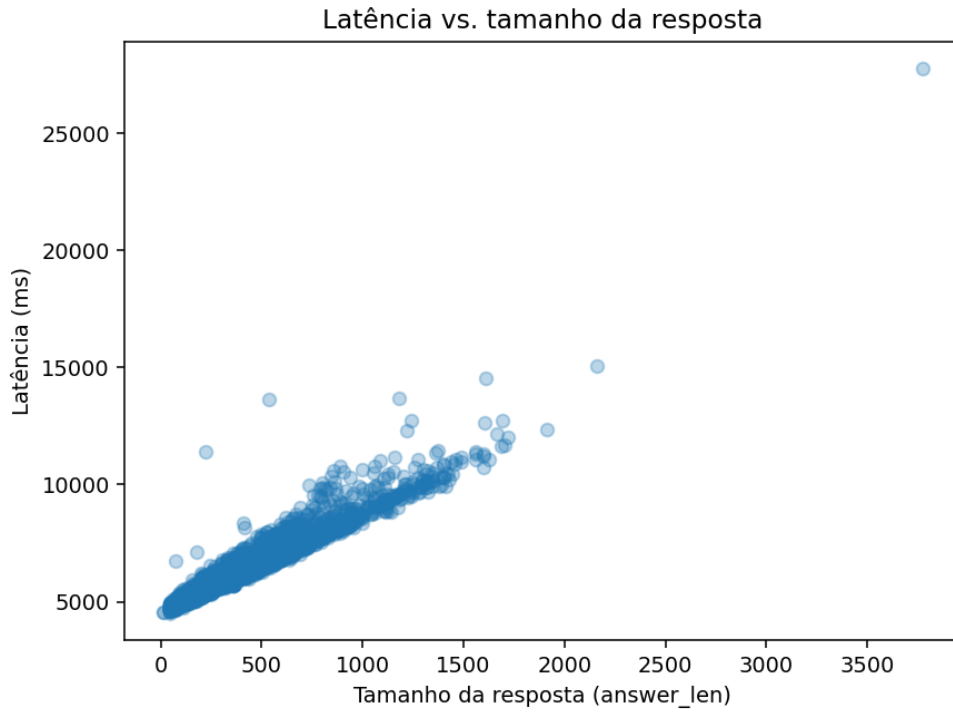


Figura 13 - Relação entre tamanho da resposta e latência (dispersão)

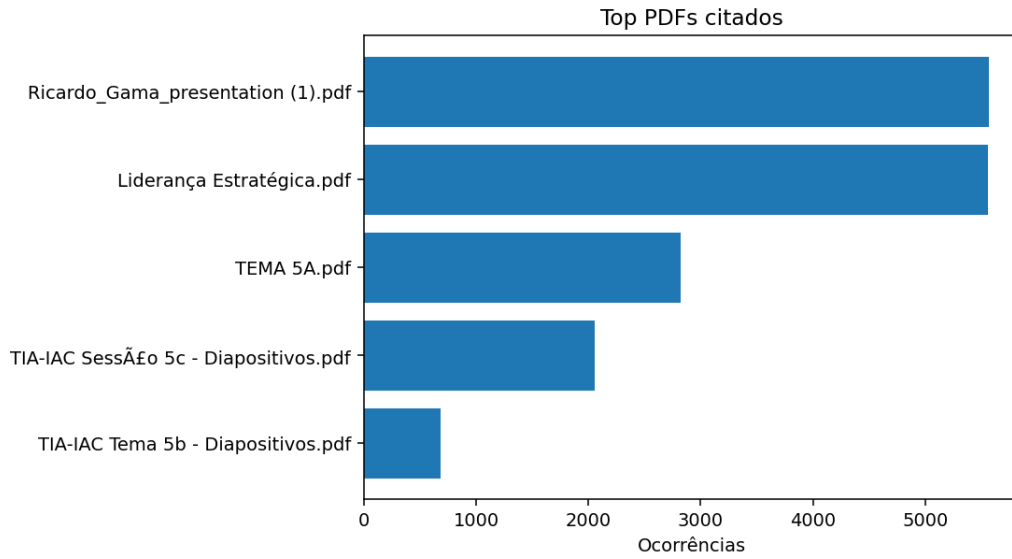


Figura 14 - Documentos mais citados (Top PDFs)

IV.4. Discussão face à literatura e aos objetivos da investigação

Os resultados obtidos estão alinhados com a literatura recente sobre sistemas baseados em Retrieval-Augmented Generation (RAG), que evidencia ganhos significativos de precisão quando modelos de linguagem são suportados por bases documentais específicas.

A precisão de 93 % confirma que a integração entre FAISS e o modelo de linguagem permite gerar respostas semanticamente corretas e rastreáveis, reduzindo a ocorrência de informação não fundamentada. Estes resultados vão ao encontro de estudos que defendem o uso de RAG como estratégia para aplicações académicas e educativas.

Relativamente aos objetivos da investigação, os resultados demonstram que:

- o protótipo é tecnicamente viável;
- a interação multimodal (texto e voz) é funcional e eficaz;
- a execução local garante privacidade sem comprometer o desempenho;
- a arquitetura modular contribui para elevada estabilidade operacional.

Assim, os objetivos definidos no Capítulo II foram integralmente cumpridos.

IV.5. Limitações do estudo

Apesar dos resultados positivos, o estudo apresenta algumas limitações:

- Ausência de utilizadores finais – A avaliação não incluiu estudantes reais, não permitindo analisar usabilidade, aceitação ou impacto pedagógico.
- Latência acima da meta ideal em alguns cenários – Embora dentro do intervalo aceitável, o TMR médio situa-se ligeiramente acima do valor ideal de 5 segundos.
- Precisão variável em perguntas muito abertas – A menor precisão observada numa das disciplinas está associada a respostas incompletas em questões de maior complexidade.
- Avaliação qualitativa centralizada num único utilizador – Métricas como a clareza da voz sintetizada não foram avaliadas por múltiplos observadores.

Estas limitações constituem oportunidades para trabalhos futuros, nomeadamente estudos de usabilidade com utilizadores reais, otimização do desempenho temporal e expansão do corpus documental.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

V.1. Síntese e contributos do estudo

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e avaliação experimental de um protótipo de assistente virtual académico, capaz de responder a perguntas com base em documentos fornecidos pelos docentes, integrando funcionalidades de acessibilidade por voz.

O protótipo desenvolvido evidenciou elevados níveis de precisão, estabilidade e robustez operacional, mesmo em cenários de utilização contínua, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de assistentes virtuais aplicados ao contexto académico.

V.2. Conclusões face às hipóteses e questões de investigação

O principal contributo do estudo reside na demonstração empírica da viabilidade técnica de uma solução baseada em *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, executada localmente, que combina:

- pesquisa semântica em bases vetoriais (FAISS);
- modelos de linguagem de grande escala (LLM);
- reconhecimento automático de fala (STT);
- síntese de voz (TTS);
- interface web multimodal.

O protótipo desenvolvido evidenciou elevados níveis de precisão, estabilidade e robustez operacional, mesmo em cenários de utilização contínua, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de assistentes virtuais aplicados ao contexto académico.

V.3. Implicações teóricas, práticas e tecnológicas

Do ponto de vista teórico, o estudo reforça a literatura existente sobre sistemas RAG, demonstrando que a recuperação explícita de contexto documental reduz a ocorrência de respostas incorretas ou não fundamentadas em ambientes académicos.

No plano prático, o protótipo desenvolvido evidencia o potencial de assistentes virtuais como ferramentas de apoio ao estudo, permitindo aos estudantes aceder rapidamente a informação relevante sem necessidade de pesquisa manual extensiva nos documentos.

Em termos tecnológicos, o trabalho demonstra que:

- soluções baseadas em IA podem ser implementadas em modo local, sem dependência de serviços cloud;
- arquiteturas modulares facilitam a manutenção, extensão e adaptação do sistema;
- a integração multimodal melhora a acessibilidade e a inclusão digital.

Estas implicações posicionam o sistema como uma base sólida para futuras aplicações educativas.

V.4. Recomendações e trabalhos futuros

Apesar dos resultados positivos, existem diversas oportunidades de evolução do trabalho desenvolvido.

Como recomendações técnicas, destacam-se:

- otimização do tempo médio de resposta através de mecanismos de cache e pré-carregamento de contexto;
- melhoria do reconhecimento de voz em ambientes ruidosos;
- integração de modelos de linguagem mais recentes ou especializados por domínio.

Como trabalhos futuros, sugere-se:

- realização de estudos com utilizadores reais (estudantes e docentes), avaliando usabilidade e impacto pedagógico;
- expansão da base documental para outras áreas científicas;
- integração do sistema com plataformas de e-learning;
- inclusão de métricas de satisfação e experiência do utilizador.

Estas extensões permitirão avaliar não apenas a viabilidade técnica, mas também o valor educativo da solução.

V.5. Considerações finais

Em conclusão, o trabalho desenvolvido alcançou os objetivos propostos, resultando num protótipo funcional, estável e tecnicamente validado de um assistente virtual académico com interação multimodal.

O sistema demonstrou níveis elevados de estabilidade, precisão e fiabilidade técnica, confirmando a viabilidade da arquitetura adotada e a adequação das tecnologias selecionadas ao contexto académico.

A investigação permitiu demonstrar, de forma empírica, que é possível conjugar IA, recuperação de informação baseada em documentos e tecnologias de voz num único sistema integrado, capaz de responder a questões académicas de forma fundamentada e acessível. A utilização de uma abordagem baseada em *Retrieval-Augmented Generation* assegurou que as respostas geradas se mantivessem alinhadas com o conteúdo documental fornecido, mitigando riscos associados à geração de informação não verificada.

Relativamente à questão inicial de investigação, centrada na possibilidade de desenvolver um assistente virtual académico acessível, eficaz e tecnicamente robusto em contexto de e-Learning, os resultados obtidos permitem afirmar que esta foi plenamente respondida. O protótipo revelou-se capaz de suportar interação por texto e voz, apresentar respostas corretas e contextualizadas, manter um desempenho temporal estável e operar de forma fiável em ambiente local, cumprindo os requisitos de acessibilidade e inclusão definidos.

Para além da validação técnica, o estudo evidencia o potencial destas soluções como ferramentas de apoio ao ensino e à aprendizagem, especialmente para estudantes com necessidades educativas específicas ou em ambientes onde o acesso tradicional à informação pode constituir uma barreira. A execução local do sistema reforça ainda aspetos críticos como a privacidade dos dados, a reprodutibilidade científica e a independência de serviços externos.

Deste modo, este trabalho constitui um contributo relevante para a área dos sistemas inteligentes aplicados à educação, demonstrando que assistentes virtuais baseados em conhecimento documental e interação multimodal podem desempenhar um papel significativo na promoção da acessibilidade, da eficiência e da equidade no acesso à informação académica. Abre-se, assim, caminho para investigações futuras que aprofundem o impacto pedagógico destas tecnologias, bem como a sua integração em plataformas educativas de maior escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] X. Mitre and M. Zeneli, “Using AI to Improve Accessibility and Inclusivity in Higher Education for Students with Disabilities,” in *2024 21st International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/ITHET61869.2024.10837607.
- [2] L. Labadze, M. Grigolia, and L. Machaidze, “Role of AI chatbots in education: systematic literature review,” Dec. 01, 2023, *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. doi: 10.1186/s41239-023-00426-1.
- [3] Assembleia da República Portuguesa, “Resolução da Assembleia da República n.º 56/2009,” May 07, 2009, *Diário da República, 1.ª série — N.º 146 — 30 de Julho de 2009*. Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-assembleia-republica/56-2009-493187>
- [4] Presidente da República Portuguesa, “Decreto do Presidente da República n.º 70/2009,” *Diário da República, 1.ª série — N.º 146 — 30 de Julho de 2009*, p. 4875, Jul. 2009, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-presidente-republica/71-2009-493183>
- [5] Comissão Europeia, “União da Igualdade: Estratégia sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência 2021-2030,” Bruxelas, Bélgica, Mar. 2021. Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0101>
- [6] C. A. Lima Malheiro, V. Sperduti Lima, L. Key Higuchi Yanaze, and M. Hollosi, “Análise e reflexões sobre as interações no portal de acessibilidade,” *Dialogia*, no. 44, pp. 1–20, Apr. 2023, doi: 10.5585/44.2023.24037.
- [7] “Ergonomics of human-system interaction-Human-centred design for interactive systems COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT,” 2019. [Online]. Available: www.iso.org

- [8] HF, “ETSI EN 301 549 - V3.2.1 - Accessibility requirements for ICT products and services,” 2021.
- [9] PARLAMENTO EUROPEU and CONSELHO EUROPEU, “DIRETIVA (UE) 2016/ 2102 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - de 26 de outubro de 2016,” *Jornal Oficial da União Europeia* 2.12.2016, Oct. 2016.
- [10] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “Decreto-Lei n.º 83/2018,” *Diário da República, 1.ª série — N.º 202 — 19 de outubro de 2018*, pp. 5029–5035, Oct. 2018, Accessed: Nov. 07, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/83-2018-116734769>
- [11] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2021,” *Diário da República, 1.ª série - N.º 169 31 de agosto de 2021*, pp. 3–71, Jul. 2021, Accessed: Oct. 07, 2025. [Online]. Available: <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2021/08/16900/0000300071.pdf>
- [12] N. C. Sanderson, S. Kessel, and W. Chen, “What do faculty members know about universal design and digital accessibility? A qualitative study in computer science and engineering disciplines,” *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 21, no. 2, pp. 351–365, Jun. 2022, doi: 10.1007/s10209-022-00875-x.
- [13] D. Russo, “Under the lens: Learning management system (LMS) platforms and DEIA components,” *First Monday*, vol. 29, no. 11, Nov. 2024, doi: 10.5210/fm.v29i11.13345.
- [14] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, 1st edition. Boston, MA, USA: Center for Curriculum Redesign (CCR), 2019.
- [15] R. He, J. Cao, and T. Tan, “Generative artificial intelligence: a historical perspective,” *Natl. Sci. Rev.*, vol. 12, no. 5, Apr. 2025, doi: 10.1093/nsr/nwaf050.
- [16] *Global Report on Assistive Technology*. World Health Organization, 2022.
- [17] A. McNicholl, H. Casey, D. Desmond, and P. Gallagher, “The impact of assistive technology use for students with disabilities in higher education: a systematic review,” *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 130–143, Feb. 2021, doi: 10.1080/17483107.2019.1642395.

- [18] J. M. Fernández-Batanero, M. Montenegro-Rueda, J. Fernández-Cerero, and I. García-Martínez, “Assistive technology for the inclusion of students with disabilities: a systematic review,” *Educational technology research and development*, vol. 70, no. 5, pp. 1911–1930, Oct. 2022, doi: 10.1007/s11423-022-10127-7.
- [19] K. Papadopoulos, E. Koustriava, L. Isaraj, E. Chronopoulou, F. Manganello, and R. Molina-Carmona, “Assistive Technology for Higher Education Students with Disabilities: A Qualitative Research,” *Digital*, vol. 4, no. 2, pp. 501–511, May 2024, doi: 10.3390/digital4020025.
- [20] UNESCO, Ed., “Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial,” Nov. 2021. [Online]. Available: <http://unesco.org/open-access/terms-use-ccbncsa-en>
- [21] L. Floridi and J. Cowls, “A Unified Framework of Five Principles for AI in Society,” *Harv. Data Sci. Rev.*, Jun. 2019, doi: 10.1162/99608f92.8cd550d1.
- [22] J. Deriu *et al.*, “Survey on evaluation methods for dialogue systems,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 54, no. 1, pp. 755–810, Jan. 2021, doi: 10.1007/s10462-020-09866-x.
- [23] G. Caldarini, S. Jaf, and K. McGarry, “A Literature Survey of Recent Advances in Chatbots,” *Information (Switzerland)*, vol. 13, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/info13010041.
- [24] E. Adamopoulou and L. Moussiades, “Chatbots: History, technology, and applications,” *Machine Learning with Applications*, vol. 2, p. 100006, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.mlwa.2020.100006.
- [25] J. Ni, T. Young, V. Pandelea, F. Xue, and E. Cambria, “Recent Advances in Deep Learning Based Dialogue Systems: A Systematic Survey,” Mar. 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2105.04387>
- [26] C. W. Okonkwo and A. Ade-Ibijola, “Chatbots applications in education: A systematic review,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 2, p. 100033, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100033.
- [27] B. Babou, K. Sylla, M. Y. Sow, and S. Ouya, “Integration of a Chatbot to Facilitate Access to Educational Content in Digital Universities,” in *2024 26th International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT)*, IEEE, Feb. 2024, pp. 311–314. doi: 10.23919/ICACT60172.2024.10471975.

- [28] N. F. Davar, M. A. A. Dewan, and X. Zhang, "AI Chatbots in Education: Challenges and Opportunities," *Information*, vol. 16, no. 3, p. 235, Mar. 2025, doi: 10.3390/info16030235.
- [29] K. Hadiono, F. Andreas, A. Supriyanto, and S. Irawan, "Chatbots Implementation for Students Admission," *Journal of Software Engineering and Simulation*, vol. 10, no. 11, pp. 44–52, Nov. 2024, doi: 10.35629/3795-10114452.
- [30] M. M. A. Abdelmoiz, M. M. M. Mostafa, and T. H. A. Soliman, "Developing an Educational Chatbot for Scientific Data Management Course Using DialogFlow," *Applied Mathematics & Information Sciences*, vol. 18, no. 03, pp. 629–640, Mar. 2024, doi: 10.18576/amis/180315.
- [31] M. Alier, J. Pereira, F. J. García-Peñalvo, M. J. Casañ, and J. Cabré, "LAMB: An open-source software framework to create artificial intelligence assistants deployed and integrated into learning management systems," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 92, p. 103940, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.csi.2024.103940.
- [32] Y. Wang *et al.*, "Tacotron: Towards End-to-End Speech Synthesis," in *Interspeech 2017*, ISCA: ISCA, Aug. 2017, pp. 4006–4010. doi: 10.21437/Interspeech.2017-1452.
- [33] S. Watanabe *et al.*, "ESPnet: End-to-End Speech Processing Toolkit," Mar. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1804.00015>
- [34] V. Sunder *et al.*, "A Non-autoregressive Model for Joint STT and TTS," in *ICASSP 2025 - 2025 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, IEEE, Apr. 2025, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICASSP49660.2025.10887605.
- [35] S. O. Russell, I. Gessinger, A. Krason, G. Vigliocco, and N. Harte, "What automatic speech recognition can and cannot do for conversational speech transcription," *Research Methods in Applied Linguistics*, vol. 3, no. 3, p. 100163, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.rmal.2024.100163.
- [36] M. El Kamali, L. Angelini, D. Lalanne, O. Abou Khaled, and E. Mugellini, "Older adults' perspectives on multimodal interaction with a conversational virtual coach," *Front. Comput. Sci.*, vol. 5, Nov. 2023, doi: 10.3389/fcomp.2023.1125895.

- [37] B. G. Veloso *et al.*, “Educação híbrida e cultura digital: reflexões sobre docência, aprendizagem e tecnologias na contemporaneidade,” *Dialogia*, vol. 44, no. 44, p. e24294, Apr. 2023, doi: 10.5585/44.2023.24294.

ANEXOS

ANEXO 1 – Código api.py

```
import os, unicodedata, json, time, uuid, csv, datetime, wave
os.environ.setdefault("HF_HUB_DISABLE_SYMLINKS", "1")
os.environ.setdefault("HF_HUB_DISABLE_SYMLINKS_WARNING", "1")
os.environ.setdefault("KMP_DUPLICATE_LIB_OK", "TRUE")
os.environ.setdefault("OMP_NUM_THREADS", "4")
os.environ.setdefault("CT2_THREAD_COUNT", "4")
from typing import List, Optional

import numpy as np
from fastapi import FastAPI, HTTPException, WebSocket
from starlette.websockets import WebSocketDisconnect
from pydantic import BaseModel
from fastapi.middleware.cors import CORSMiddleware

# from langchain_ollama import OllamaLLM, OllamaEmbeddings
from langchain_community.embeddings import OllamaEmbeddings
from langchain_community.vectorstores import FAISS
from langchain_community.llms import Ollama
from langchain.chains import RetrievalQA

from faster_whisper import WhisperModel

# ----- LOGGING -----
LOG_DIR = "logs"
os.makedirs(LOG_DIR, exist_ok=True)

def _now_iso():
    return datetime.datetime.utcnow().isoformat(timespec="milliseconds") +
    "Z"

def _jsonl_path():
    d = datetime.datetime.utcnow().strftime("%Y-%m-%d")
    return os.path.join(LOG_DIR, f"{d}.jsonl")

def log_event(event: dict):
    try:
        event = dict(event)
        now = _now_iso()
        event.setdefault("ts", now)
        event.setdefault("datetime_utc", now)
        event.setdefault("event_id", str(uuid.uuid4()))
        path = _jsonl_path()
```

```

        with open(path, "a", encoding="utf-8") as f:
            f.write(json.dumps(event, ensure_ascii=False) + "\n")
    except Exception as e:
        # último recurso
        print("[log_event] failed:", e, " event=", event)

def save_wav_if_small(raw_pcm_le: bytes, sr=16000, max_bytes=5_000_000) ->
Optional[str]:
    try:
        if not raw_pcm_le or len(raw_pcm_le) > max_bytes:
            return None
        fn = f"audio_{int(time.time()*1000)}_{uuid.uuid4().hex[:8]}.wav"
        out = os.path.join(LOG_DIR, fn)
        with wave.open(out, "wb") as w:
            w.setnchannels(1)
            w.setsampwidth(2)
            w.setframerate(sr)
            w.writeframes(raw_pcm_le)
        return out
    except Exception:
        return None

# ----- HELPERS -----
def _truncate(s: str, maxlen: int = 8000) -> str:
    if not isinstance(s, str):
        return ""
    return s if len(s) <= maxlen else s[:maxlen] + "..."

def transcribe_safely(samples: np.ndarray, lang_hint: Optional[str] =
"pt"):
    """
    Transcreve com faster-whisper, tentando várias temperatures e VAD.
    Se falhar, faz fallback sem language hint.
    Retorna (text, segs, info).
    """
    # garantir formato esperado
    samples = np.asarray(samples, dtype=np.float32)
    samples = np.ascontiguousarray(samples)

    temps = [0.0, 0.2, 0.4]
    for t in temps:
        segments, info = whisper.transcribe(
            samples,
            language=lang_hint,
            beam_size=5,

```

```

        vad_filter=True,
        condition_on_previous_text=False,
        temperature=t,
        without_timestamps=True,
        task="transcribe",
    )
    segs = list(segments)
    text = " ".join(s.text for s in segs).strip()
    if text:
        return text, segs, info

# fallback: deixar o modelo detectar a língua
segments, info = whisper.transcribe(
    samples,
    language=None,
    beam_size=5,
    vad_filter=True,
    condition_on_previous_text=False,
    temperature=0.2,
    without_timestamps=True,
    task="transcribe",
)
segs = list(segments)
text = " ".join(s.text for s in segs).strip()
return text, segs, info

# ----- Configuração -----
app = FastAPI()
app.add_middleware(
    CORSMiddleware,
    allow_origins=["*"],
    allow_methods=["*"],
    allow_headers=["*"],
)
BASE_VETORES = "vetores"

# ----- Utilitários -----
def normalizar_nome(nome: str) -> str:
    nome = unicodedata.normalize("NFKD", nome).encode("ASCII",
"ignore").decode("utf-8")
    return nome.replace(" ", "_")

def pcm16le_bytes_to_float32_mono_16k(raw: bytes) -> np.ndarray:
    if not raw:
        return np.zeros(0, dtype=np.float32)

```

```

    pcm = np.frombuffer(raw, dtype=np.int16)
    return pcm.astype(np.float32) / 32768.0

# ----- Modelos -----
class ChatRequest(BaseModel):
    pergunta: str
    disciplina: str

class Fonte(BaseModel):
    fonte: str
    pagina: int
    excerto: str

class ChatResponse(BaseModel):
    resposta: str
    fontes: List[Fonte]

# ----- Whisper loader -----
WHISPER_MODEL_NAME = os.getenv("WHISPER_MODEL", "small")
WHISPER_DEVICE     = os.getenv("WHISPER_DEVICE", "cpu")
WHISPER_COMPUTE    = os.getenv("WHISPER_COMPUTE", "int8")

print(f"[WHISPER] Loading model={WHISPER_MODEL_NAME}
device={WHISPER_DEVICE} compute_type={WHISPER_COMPUTE}")
whisper = WhisperModel(
    WHISPER_MODEL_NAME,
    device=WHISPER_DEVICE,
    compute_type=WHISPER_COMPUTE,
)

# ----- Endpoint principal (Chat) -----
@app.post("/chat", response_model=ChatResponse)
def chat(req: ChatRequest):
    t0 = time.perf_counter()
    disciplina_normalizada = normalizar_nome(req.disciplina)
    path_vetores = os.path.join(BASE_VETORES, disciplina_normalizada)

    if not os.path.exists(path_vetores):
        log_event({
            "type": "chat_error",
            "disciplina": req.disciplina,
            "reason": "disciplina_not_found",
            "path": path_vetores,
        })

```

```

        raise HTTPException(status_code=404, detail="Disciplina não
encontrada.")

    try:
        embedding_model = OllamaEmbeddings(model="nomic-embed-text")
        llm = Ollama(model="mistral")

        db = FAISS.load_local(path_vetores, embedding_model,
allow_dangerous_deserialization=True)
        retriever = db.as_retriever(search_type="similarity",
search_kwargs={"k": 4})

        from langchain.prompts import PromptTemplate
        template_pt = """
        Utiliza os documentos fornecidos entre <contexto>...</contexto>
para responder à pergunta de forma clara, concisa e em português de
Portugal. Só respondas a informações a que tens acesso. Se a resposta não
existir nos documentos facultados diz que não existe, não inventes.
Responde sempre em português de Portugal, com termos utilizados em
Portugal (ex: telemóvel, autocarro, computador portátil). Não uses
vocabulário do Brasil (ex: celular, ônibus, notebook).

        <contexto>
        {context}
        </contexto>

        Pergunta: {question}
        """
        prompt_pt = PromptTemplate(template=template_pt,
input_variables=["context", "question"])

        qa_chain = RetrievalQA.from_chain_type(
            llm=llm,
            retriever=retriever,
            return_source_documents=True,
            chain_type_kwargs={"prompt": prompt_pt}
        )

        resultado = qa_chain({"query": req.pergunta})
        resposta = resultado["result"]

        fontes: List[Fonte] = []
        fontes_raw = []
        for doc in resultado.get("source_documents", []):
            meta = doc.metadata or {}

```

```

    excerto = (doc.page_content or "")[:200]
    fonte = Fonte(
        fonte=meta.get("fonte", "desconhecido"),
        pagina=int(meta.get("pagina", 0) or 0),
        excerto=excerto
    )
    fontes.append(fonte)
    fontes_raw.append({
        "fonte": fonte.fonte,
        "pagina": fonte.pagina,
        "excerto_len": len(fonte.excerto or "")
    })

dt_ms = int((time.perf_counter() - t0) * 1000)
log_event({
    "type": "chat",
    "disciplina": req.disciplina,
    "question": _truncate(req.pergunta, 4000), # <-- pergunta
completa
    "answer": _truncate(resposta, 8000), # <-- resposta
completa
    "answer_len": len(resposta or ""),
    "latency_ms": dt_ms,
    "sources": fontes_raw,
    "models": {
        "embeddings": "nomic-embed-text",
        "llm": "mistral@ollama",
        "vectorstore": "faiss"
    }
})

return ChatResponse(resposta=resposta, fontes=fontes)

except Exception as e:
    print("✖ Erro interno:", str(e))
    log_event({
        "type": "chat_error",
        "disciplina": req.disciplina,
        "question": req.pergunta,
        "error": str(e),
    })
    raise HTTPException(status_code=500, detail=str(e))

# ----- STT por WebSocket (Whisper, final-only robust) -----

```

```

@app.websocket("/stt-stream")
async def stt_stream(ws: WebSocket):
    try:
        await ws.accept()
    except Exception as e:
        log_event({"type": "stt_error", "stage": "accept", "error":
str(e)})
    return

    pcm_buf = bytearray()
    SAMPLE_RATE = 16000

    meta = {
        "session_id": None,
        "disciplina": None,
        "scenario": None,
        "user_agent": None,
    }
    t_start = time.perf_counter()

    async def flush_and_send_final():
        samples = pcm16le_bytes_to_float32_mono_16k(bytes(pcm_buf))
        text = ""
        err = None
        segs = []
        info = None

        try:
            # não vamos descartar durações curtas; deixamos o VAD decidir
            if samples.size > 0:
                text, segs, info = transcribe_safely(samples,
lang_hint="pt")
        except Exception as e:
            err = str(e)

        wav_path = save_wav_if_small(bytes(pcm_buf), sr=SAMPLE_RATE)
        dt_ms = int((time.perf_counter() - t_start) * 1000)

        # Log detalhado do STT (com texto!)
        try:
            log_event({
                "type": "stt",
                "session_id": meta.get("session_id"),
                "disciplina": meta.get("disciplina"),
                "scenario": meta.get("scenario"),

```

```

        "user_agent": meta.get("user_agent"),
        "bytes": len(pcm_buf),
        "duration_s": round(len(pcm_buf) / (SAMPLE_RATE * 2), 3),
        "latency_ms": dt_ms,
        "text": _truncate(text, 4000),
        "wav_path": wav_path,
        "error": err,
        "model": {
            "stt": f"whisper:{WHISPER_MODEL_NAME}",
            "device": WHISPER_DEVICE,
            "compute": WHISPER_COMPUTE
        },
        "info": {
            "language": getattr(info, "language", None) if info
else None,
            "language_probability": getattr(info,
"language_probability", None) if info else None,
            "duration": getattr(info, "duration", None) if info
else None,
            "no_speech_prob": getattr(info, "no_speech_prob",
None) if info else None,
        },
        "segments": [{"s": getattr(s, "start", None), "e":
getattr(s, "end", None), "t": s.text} for s in segs] if segs else [],
    })
    except Exception as e:
        print("[log_event stt] failed:", e)

    # envia para o cliente
    try:
        await ws.send_json({"final": True, "text": text})
    except Exception as e:
        log_event({"type": "stt_error", "stage": "send_final",
"error": str(e)})

    try:
        while True:
            msg = await ws.receive()

            if msg["type"] == "websocket.disconnect":
                await flush_and_send_final()
                break

            if "text" in msg and msg["text"] is not None:

```

```

# aceita frame de meta: {"meta": {...}} ou "eof"
try:
    payload = json.loads(msg["text"])
    if isinstance(payload, dict) and "meta" in payload:
        meta.update(payload.get("meta") or {})
        continue
except Exception:
    pass

if msg["text"] == "eof":
    await flush_and_send_final()
    break
continue

if "bytes" in msg and msg["bytes"] is not None:
    pcm_buf.extend(msg["bytes"])
    continue

except WebSocketDisconnect:
    try:
        await flush_and_send_final()
    except Exception:
        pass
except Exception as e:
    print("[WS] Outer exception:", e)
    log_event({
        "type": "stt_error",
        "session_id": meta.get("session_id"),
        "disciplina": meta.get("disciplina"),
        "error": str(e),
    })
    try:
        await ws.send_json({"error": str(e)})
    except Exception:
        pass

```

ANEXO 2 – Código indexador.py

```
import os
import fitz
import pathlib
from langchain.embeddings import OllamaEmbeddings
from langchain.vectorstores import FAISS
from langchain.docstore.document import Document
from langchain.text_splitter import RecursiveCharacterTextSplitter

BASE_PATH = "BD/Cursos/MTIA/Disciplinas"

# Configuração do modelo de embeddings do Ollama
embedding_model = OllamaEmbeddings(model="nomic-embed-text")

# Função para ler e dividir um PDF em chunks com metadados
def process_pdf(pdf_path, disciplina):
    doc = fitz.open(pdf_path)
    documents = []

    for page_number, page in enumerate(doc, start=1):
        text = page.get_text()
        if not text.strip():
            continue # ignora páginas vazias

        splitter = RecursiveCharacterTextSplitter(
            chunk_size=500,
            chunk_overlap=50
        )
        chunks = splitter.split_text(text)

        for chunk in chunks:
            metadata = {
                "disciplina": disciplina,
                "pagina": page_number,
                "fonte": os.path.basename(pdf_path)
            }
            documents.append(Document(page_content=chunk,
            metadata=metadata))

    return documents

# Percorrer todas as disciplinas e indexar os documentos
for disciplina in os.listdir(BASE_PATH):
```

```

disciplina_path = os.path.join(BASE_PATH, disciplina)
if not os.path.isdir(disciplina_path):
    continue

print(f"🔍 A indexar documentos da disciplina: {disciplina}")
all_docs = []

for ficheiro in os.listdir(disciplina_path):
    if ficheiro.endswith(".pdf"):
        caminho_pdf = os.path.join(disciplina_path, ficheiro)
        docs = process_pdf(caminho_pdf, disciplina)
        all_docs.extend(docs)

# Criar a base vetorial FAISS
if all_docs:
    vectorstore = FAISS.from_documents(all_docs, embedding_model)
    # Guardar base vetorial no disco
    vectorstore.save_local(f"vetores/{disciplina}")
    print(f"✅ Base vetorial criada para {disciplina} com
{len(all_docs)} chunks.")
else:
    print(f"⚠️ Nenhum documento válido encontrado para {disciplina}.")

# Garantir que a pasta existe
output_path = pathlib.Path("vetores") / disciplina
output_path.mkdir(parents=True, exist_ok=True)

# Guardar a base vetorial
vectorstore.save_local(str(output_path))

```

ANEXO 3 – Código tests.py

```
import requests
import random
import time
import datetime
import json
import argparse
import os
import sys
from itertools import cycle

API_DEFAULT = "http://127.0.0.1:8000/chat"

# Perguntas de teste (podes trocar pelas do PDF)
QUESTOES = {
    "EEC": [
        "O que é liderança?",
        "O que é estratégia?",
        "O que é liderança estratégica?",
        "Quais são os pilares da liderança estratégica?",
        "Porque é importante a liderança estratégica nas empresas modernas?",
        "O que defende a Teoria dos Traços?",
        "Qual é a principal crítica à Teoria dos Traços?",
        "O que diz a Teoria das Competências?",
        "O que distingue a Teoria Comportamental?",
        "Segundo a Teoria Situacional, o que determina o estilo de liderança adequado?",
        "Quais são os quatro estilos da Teoria Situacional (SLII®)?",
        "O que propõe a Teoria Caminho-Objetivo?",
        "Quais são os estilos da Teoria Caminho-Objetivo?",
        "O que estuda a Teoria da Troca entre Líder e Membro (LMX)?",
        "O que caracteriza a Teoria Transformacional?",
        "Quais são os quatro componentes da liderança transformacional?",
        "Em que se baseia a Liderança Autêntica?",
        "O que caracteriza a Liderança Servidora?",
        "Qual o foco da Liderança Adaptativa?",
        "O que define a Liderança Inclusiva?",
        "Como a Microsoft exemplifica liderança estratégica?",
        "Como a Netflix demonstra visão estratégica?",
        "Qual foi o papel de Jeff Bezos na Amazon?",
        "Por que o Google/Alphabet é um exemplo de flexibilidade estratégica?",
    ]
}
```

```
"O que destaca o Spotify na liderança de mercado?",
"Qual a importância da visão e inovação constante?",
"Porque é a flexibilidade essencial na liderança estratégica?",
"Como a cultura organizacional influencia o sucesso da
liderança?",
"Qual é o papel do uso eficiente de dados?",
"Porque o foco no cliente é um fator crítico de sucesso?",
"Qual foi o erro estratégico da Nokia?",
"O que levou o Yahoo! a perder relevância?",
"Por que a BlackBerry fracassou?",
"O que fez a Kodak perder o seu domínio?",
"Quais foram os problemas da Uber na fase pré-IPO?",
"Por que a WeWork falhou no IPO?",
"Como a transformação digital afeta a liderança estratégica?",
"Porque a diversidade e inclusão são essenciais hoje?",
"Que papel desempenha a análise PESTEL na liderança?",
"Como os líderes estratégicos devem reagir a pressões económicas e
ambientais?",
"Porque a agilidade e resiliência são cruciais na liderança
moderna?",
"Quais são os desafios da liderança remota e híbrida?",
"Qual o papel da liderança estratégica nas tecnologias de
informação?",
"Como Microsoft e Amazon aplicam liderança tecnológica?",
"Que impacto têm a IA e a automação na estratégia
organizacional?",
"Por que a gestão da transformação digital é vital?",
"Qual a relação entre liderança e cultura organizacional?",
"Como a liderança estratégica fomenta a aprendizagem
organizacional?",
"O que distingue um líder estratégico de um gestor tradicional?",
"Qual a principal mensagem do documento "Liderança Estratégica"?",
],
"IIC": [
"O que caracteriza a redação científica?",
"Qual o pronome recomendado em vez de "eu" em trabalhos
científicos?",
"O que é uma citação direta?",
"O que é uma citação indireta?",
"Qual o sistema de referência usado no TEMA 5A?",
"Como são indicadas as citações no texto segundo o IEEE?",
"Como se organiza a bibliografia no sistema IEEE?",
"Qual a regra para citações diretas até 40 palavras?",
"E citações com mais de 40 palavras?",
"Como se indica o número de página em citações IEEE?",
```

"Quando se usa "pp." em vez de "p."?",
"O que é uma citação secundária?",
"Como referenciar autores com o mesmo apelido no IEEE?",
"O que fazer se a obra não tiver data?",
"O que é uma citação de fonte coletiva?",
"Como se indicam websites longos no texto?",
"O que significa "et al." no IEEE?",
"Como se destacam palavras dentro de uma citação?",
"Como indicar testemunhos orais no texto?",
"Como são citadas entrevistas?",
"As citações em língua estrangeira devem ser traduzidas?",
"O que indica [sic] numa citação?",
"Como indicar citações sem paginação?",
"Como se cita um autor desconhecido?",
"Quais são as qualidades básicas de um texto científico?",
"Explique por que a impessoalidade é essencial na redação científica.",
"Como garantir a clareza num trabalho científico?",
"Qual a importância da concisão na escrita científica?",
"Como evitar ambiguidades ao escrever?",
"Explique a diferença entre citações diretas, indiretas, primárias e secundárias.",
"Como funciona o sistema de citação IEEE dentro do texto?",
"Descreva a estrutura da lista de referências no sistema IEEE.",
"Como se procede com múltiplas referências num mesmo trecho?",
"O que se deve fazer quando há vários autores para uma mesma obra?",
"Qual é o tratamento dado a citações longas no IEEE?",
"Quando usar a indicação de parágrafo "para."?",
"Como lidar com a falta de data numa obra?",
"Explique como o IEEE diferencia autores com o mesmo apelido.",
"O que é uma citação de entidade coletiva e como deve ser apresentada?",
"Por que testemunhos orais não entram na bibliografia?",
"Qual o tratamento para citações em outras línguas?",
"Como se indicam omissões dentro de uma citação?",
"Como indicar um erro no texto original citado?",
"Explique a diferença entre apêndice e anexo segundo o IEEE.",
"Como referenciar livros no sistema IEEE?",
"Qual a estrutura para citar artigos de revistas científicas?",
"Como citar documentos eletrónicos com DOI?",
"Que formato é usado para citar teses e dissertações online?",
"Como referenciar legislação no formato IEEE?",
"Qual o objetivo final das regras de citação IEEE?",
"Qual o tamanho de letra recomendado para trabalhos académicos?",

"Qual o espaçamento entre linhas sugerido?",
"Quais são as margens recomendadas?",
"Onde pode ser colocada a numeração das páginas?",
"Os elementos pré-textuais devem aparecer paginados?",
"Qual é a cor padrão de texto admitida num trabalho?",
"Quando se admite o uso de outras cores?",
"Como devem ser numerados os capítulos?",
"Que secções não devem ter numeração?",
"Como devem ser escritos os títulos dos capítulos?",
"Quando se usa itálico?",
"O que se recomenda sobre o uso de sublinhados?",
"Como se deve identificar uma tabela?",
"E como se identifica uma figura?",
"Como deve ser indicada a fonte de uma tabela ou figura?",
"O tamanho da fonte da “Nota” deve ser igual ao do texto?",
"As abreviaturas podem ser usadas livremente?",
"Como escrever siglas?",
"Como abreviar os meses?",
"Como devem ser escritos números?",
"Como escrever as datas?",
"Como se escrevem os séculos?",
"Quais são as partes iniciais de um trabalho?",
"Onde se coloca o Sumário Analítico?",
"O que diferencia apêndice e anexo?",
"Explique o objetivo das normas gráficas num trabalho académico.",
"Por que o espaçamento de 1,5 linhas é o mais indicado?",
"Justifique a escolha das margens 3 cm/2,5 cm.",
"Por que se recomenda a cor preta no texto?",
"Quando é aceitável o uso de cores em gráficos e figuras?",
"Explique o sistema de numeração de capítulos no formato romano.",
"Por que a Introdução, Conclusões e Agradecimentos não devem ser numerados?",
"Qual o papel do itálico em palavras estrangeiras?",
"Por que evitar o uso excessivo de sublinhados?",
"Como se deve proceder à identificação de figuras e tabelas?",
"Qual a função da “Nota” em figuras e tabelas?",
"Como deve ser a hierarquia de informações dentro da “Nota”?",
"Por que as abreviaturas devem ser explicadas num quadro próprio?",
"Qual é a importância da coerência na escrita de siglas (com ou sem pontos)?",
"Explique a lógica da abreviação dos meses.",
"Por que números até dez devem ser escritos por extenso?",
"O que simboliza o uso de algarismos romanos para séculos?",
"Qual o conteúdo essencial da capa de um trabalho?",

"O que diferencia a folha de rosto da capa?",
"Qual é o propósito dos agradecimentos?",
"Explique o que é um sumário analítico.",
"Que elementos devem constar no índice geral?",
"Qual é a função do prefácio num trabalho científico?",
"Como deve ser estruturado o corpo ou desenvolvimento do trabalho?",
"Por que é importante distinguir entre apêndices e anexos?",
"O que é uma monografia?",
"Que tipos de trabalhos se incluem nas monografias?",
"O que distingue a dissertação de mestrado?",
"Qual é a extensão média de uma dissertação?",
"Qual é o horizonte temporal típico de realização de uma dissertação?",
"Que parte inicial apresenta o tema e objetivos do trabalho?",
"Que secção aborda a revisão da literatura?",
"Onde se descrevem as técnicas de recolha de dados?",
"Que secção contém a análise e discussão dos resultados?",
"Onde se expõem as conclusões principais do estudo?",
"Quais são os elementos finais obrigatórios de uma dissertação?",
"Qual é a função dos apêndices?",
"Qual é a função dos anexos?",
"Qual a diferença entre um relatório de projeto e um de investigação?",
"Qual o primeiro elemento de um relatório?",
"O que é o Resumo/Abstract?",
"Que secção descreve a metodologia usada num projeto?",
"O que deve constar nas conclusões de um projeto?",
"O que caracteriza um artigo científico?",
"Qual a extensão média de um artigo científico?",
"Onde são normalmente publicados os artigos científicos?",
"Que dois tipos principais de artigos existem?",
"Quais são os três grandes blocos de um artigo?",
"Que partes formam o corpo textual do artigo?",
"O que contém a secção de Referências?",
"Explique o conceito de monografia e a sua importância académica.",
"Qual a principal diferença entre dissertação e tese?",
"Como se estrutura a parte introdutória de uma dissertação de mestrado?",
"O que deve conter o enquadramento teórico?",
"Qual o objetivo do desenho metodológico numa dissertação?",
"Como se apresentam os resultados numa dissertação?",
"Por que é importante discutir as limitações do estudo nas conclusões?",

```

    "Que informação deve constar na capa e folha de rosto?",
    "Qual a diferença entre bibliografia e anexos numa dissertação?",
    "Explique a função da parte “Apresentação e Justificação do Objeto
de Estudo”.",
    "O que deve ser descrito nos “Aspetos Metodológicos”?",
    "Como se articulam resultados e hipóteses teóricas na discussão?",
    "Que elementos encerram a dissertação segundo Pocinho (2012)?",
    "Explique o papel do relatório de projeto no contexto da
investigação aplicada.",
    "Quais as perguntas-chave respondidas num relatório de projeto?",
    "Descreva a estrutura básica de um relatório de projeto.",
    "O que distingue o relatório de estágio do relatório de projeto?",
    "Como deve ser feita a caracterização da organização num relatório
de estágio?",
    "Explique o que é a “Reflexão crítica” num relatório de estágio.",
    "O que é um artigo científico e qual o seu propósito?",
    "Qual a estrutura dos elementos pré-textuais de um artigo
científico?",
    "Quais são os requisitos de um bom título de artigo?",
    "Que características deve ter o resumo do artigo?",
    "Como se organiza o corpo textual de um artigo científico?",
    "Explique a diferença entre artigo original e de revisão."
],
"s": [
    "Qual é o título da apresentação?",
    "Quem são os autores da apresentação?",
    "A que instituições pertencem os autores?",
    "Qual é a data da apresentação?",
    "Qual é o principal problema abordado na apresentação?",
    "Que região é usada como exemplo no problema apresentado?",
    "O que significa ML for CO?",
    "Qual é o primeiro modelo de rede neural mencionado?",
    "Que tipo de aprendizagem é explorada para resolver problemas
combinatórios?",
    "Que autores são citados em relação à aprendizagem por reforço
aplicada à otimização combinatoria?",
    "Que melhorias os novos modelos Pointer apresentam?",
    "Quais são duas referências citadas sobre VRP baseadas em Deep RL
e Attention?",
    "Qual é o problema específico abordado novamente na secção 'The
Problem (again...)'?",
    "Que fatores variam entre turistas neste problema?",
    "Quais são as características invariantes na instância do
problema?",

```

```

    "Que artigo científico é referido como base do modelo
apresentado?",
    "Em que revista foi publicado esse artigo?",
    "Onde está disponível o código deste modelo?",
    "Qual foi o tema da 1.ª competição mencionada?",
    "Como se chama a competição?",
    "Onde está disponível a página dessa competição?",
    "Que artigo é citado sobre essa competição?",
    "Onde se encontra o repositório da competição?",
    "Qual foi o nome da 2.ª competição mencionada?",
    "Qual é o link dessa competição?",
    "O que significa MARL?",
    "Como é descrito o 'paradoxo da escolha' neste contexto?",
    "Que características deve ter uma biblioteca multiagente para
VRP?",
    "Que estilo de observação é referenciado como exemplo?",
    "Qual é o site associado ao projeto Flatland?",
    "Que framework é mencionada como base para o ciclo de agentes?",
    "Como funcionam os agentes no PettingZoo?",
    "Que benefício traz esse ciclo de agentes?",
    "Qual é o artigo técnico associado ao uso de atenção profunda em
problemas multiagente?",
    "Quais são os links oficiais do PettingZoo e do artigo do Agent
Environment Cycle?",
    "Em que linguagem está construído o MAEnvs4VRP?",
    "Que tipo de estrutura de dados é usada para gerir informação?",
    "Onde se encontra o repositório do TensorDict?",
    "Que elementos principais compõem o exemplo de API do
MAEnvs4VRP?",
    "Qual é o ciclo básico de execução do ambiente?",
    "Que tipos de observações estão incluídas no TensorDict do
exemplo?",
    "Que campos principais estão incluídos no TensorDict mostrado?",
    "Que site é recomendado como referência adicional?",
    "Quem é o autor indicado para contacto?",
    "Qual é o e-mail de contacto indicado?",
    "Qual é o link do repositório do MAEnvs4VRP Beta?",
    "Que frase encerra a apresentação?",
    "Que áreas principais são combinadas no projeto MAEnvs4VRP?",
    "Qual é o principal objetivo do MAEnvs4VRP?",
    "Que filosofia geral o projeto segue?"
]
}

```

```

# ----- Util -----
def utc_now_iso():
    return datetime.datetime.utcnow().isoformat(timespec="milliseconds") +
    "Z"

def make_outfile(prefix="logs", tag="ALL"):
    os.makedirs(prefix, exist_ok=True)
    ts = datetime.datetime.utcnow().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
    return os.path.join(prefix, f"test_run_{tag}_{ts}.jsonl")

# ----- Loop infinito -----
def run_infinite(api_url: str, disciplinas: list[str], intervalo: float,
timeout: int, outfile: str):
    print(f"\n ◊ Loop infinito iniciado | disciplinas={disciplinas} |
intervalo={intervalo}s | timeout={timeout}s")
    print(f"📄 A escrever em: {outfile}\n(CTRL+C para terminar)\n")

    total = 0
    oks = 0
    lat_acum = 0.0
    rr = cycle(disciplinas)

    with open(outfile, "a", encoding="utf-8") as f:
        try:
            while True:
                disc = next(rr)
                perguntas = QUESTOES.get(disc, [])
                if not perguntas:
                    print(f"[WARN] Sem perguntas definidas para {disc}; a
saltar...")

                    time.sleep(intervalo)
                    continue

                pergunta = random.choice(perguntas)
                payload = {"pergunta": pergunta, "disciplina": disc}
                t0 = time.perf_counter()
                try:
                    r = requests.post(api_url, json=payload,
timeout=timeout)

                    dt = (time.perf_counter() - t0) * 1000.0
                    total += 1
                    if r.status_code == 200:
                        data = r.json()
                        resposta = data.get("resposta", "")
                        fontes = data.get("fontes", [])

```

```

        oks += 1
        lat_acum += dt
        print(f"[{total:05d}] 
{disc:<3} {pergunta[:54]}... ({dt:.0f} ms)")
        line = {
            "ts": utc_now_iso(),
            "disciplina": disc,
            "status": r.status_code,
            "latency_ms": dt,
            "question": pergunta,
            "answer": resposta,
            "answer_len": len(resposta),
            "sources": fontes,
        }
    else:
        print(f"[{total:05d}]  {disc:<3} HTTP
{r.status_code} {pergunta[:54]}...")
        line = {
            "ts": utc_now_iso(),
            "disciplina": disc,
            "status": r.status_code,
            "error": r.text.strip(),
            "latency_ms": dt,
            "question": pergunta,
        }
except Exception as e:
    dt = (time.perf_counter() - t0) * 1000.0
    total += 1
    print(f"[{total:05d}]  {disc:<3} Erro: {e}")
    line = {
        "ts": utc_now_iso(),
        "disciplina": disc,
        "status": "error",
        "error": str(e),
        "latency_ms": dt,
        "question": pergunta,
    }

f.write(json.dumps(line, ensure_ascii=False) + "\n")
f.flush()

if total % 20 == 0 and oks > 0:
    media = lat_acum / oks
    print(f" Parcial: {oks}/{total} OK | média
{media:.0f} ms")

```

```

        time.sleep(intervalo)

    except KeyboardInterrupt:
        print("\n🛑 Cancelado pelo utilizador (CTRL+C).")
        if oks > 0:
            media = lat_acum / oks
            print(f"📊 Final: {oks}/{total} OK | média {media:.0f}
ms")

        print(f"📁 Log ficou em: {outfile}")

# ----- Main CLI -----
if __name__ == "__main__":
    parser = argparse.ArgumentParser(description="Teste contínuo ao
endpoint /chat (loop infinito)")
    parser.add_argument("--api", type=str, default=API_DEFAULT, help="URL
do endpoint /chat (ex: http://127.0.0.1:8000/chat)")
    parser.add_argument("--intervalo", type=float, default=5.0,
help="Intervalo entre pedidos (segundos)")
    parser.add_argument("--timeout", type=int, default=60, help="Timeout
por pedido (segundos)")
    parser.add_argument("--disciplinas", type=str, default="EEC,IIC,S",
                        help="Lista de disciplinas separadas por vírgulas
(ex: EEC,IIC,S)")
    parser.add_argument("--out", type=str, default=None, help="Caminho do
ficheiro .jsonl (opcional)")
    args = parser.parse_args()

    disciplinas = [d.strip() for d in args.disciplinas.split(",") if
d.strip()]
    tag = "-".join(disciplinas) if len(disciplinas) <= 4 else "ALL"

    out_path = args.out or make_outfile(prefix="logs", tag=tag)
    run_infinite(api_url=args.api,
                disciplinas=disciplinas,
                intervalo=args.intervalo,
                timeout=args.timeout,
                outfile=out_path)

```

ANEXO 4 – Exemplo de log guardado (31 interações)

```
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Qual foi o tema da 1.ª competição mencionada?", "answer": " A primeira competição mencionada foi sobre o problema do orientamento no tempo dependente com pesos e janelas de tempo estocásticos e temporais (TD-OPSWTW).", "answer_len": 157, "latency_ms": 5289, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 17, "excerto_len": 47}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 16, "excerto_len": 47}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 15, "excerto_len": 130}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 14, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:07:45.913Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:07:45.913Z", "event_id": "e6cd4b77-681d-4e9d-b1fd-f8900ce6e9c5"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Qual foi o erro estratégico da Nokia?", "answer": " O erro estratégico da Nokia foi na falha em antecipar a transição para smartphones com ecrã tátil, resultando numa perda significativa de mercado. Esta falta de adaptação rápida foi uma falha de liderança estratégica e contribuiu para o declínio da empresa.", "answer_len": 259, "latency_ms": 6101, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 22, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 29, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:08:07.021Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:08:07.021Z", "event_id": "9fb89b37-d9b8-4e28-907e-763b53c6d3b6"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Que informação deve constar na capa e folha de rosto?", "answer": " Na capa e folha de rosto do trabalho devem figurar a entidade, título e subtítulo, teor do trabalho, local e data da realização. Adicionalmente, pode ser incluída uma figura sobretitulada, caso seja necessário, sempre que estiver sobretida na página e colocada antes do título do trabalho. Também pode haver elementos identificadores adicionais em relação ao âmbito no qual o trabalho foi realizado, como por exemplo.", "answer_len": 418, "latency_ms": 6601, "sources": [{"fonte": "TIA-IAC Tema 5b - Diapositivos.pdf", "pagina": 8, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 168}, {"fonte": "TIA-IAC Tema 5b - Diapositivos.pdf", "pagina": 10, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:08:28.639Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:08:28.639Z", "event_id": "c6cf64e3-bb55-4841-8865-83cdeb87e190"}
```

```
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que tipos de observações estão incluídas no TensorDict do exemplo?", "answer": " Neste exemplo, o TensorDict inclui as seguintes observações:\n\n1. `agent_obs` - Observações dos agentes atuais com formato [2, 3].\n2. `global_obs` - Observações globais com formato [2, 3].\n3. `node_dynamic_obs` - Observações dinâmicas dos nós com formato [2, 26, 1].\n4. `node_static_obs` - Observações estáticas dos nós com formato [2, 26, 2].\n5. `other_agents_obs` - Observações de outros agentes com formato [2, 10, 2].\n\nAs dimensões [2] indicam que são observações de dois agentes e as dimensões [10] indicam que são observações dos dez outros agentes. As dimensões [26] na `node_dynamic_obs` e `node_static_obs` indicam que são observações dos 26 nós do ambiente.", "answer_len": 667, "latency_ms": 8746, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 132}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 108}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:08:52.391Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:08:52.391Z", "event_id": "16486709-c74f-44c3-bfe5-24ed798ee506"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "O que distingue a Teoria Comportamental?", "answer": " A Teoria Comportamental distingue-se pela sua ênfase nos comportamentos específicos que líderes eficazes demonstram, divididos entre comportamentos orientados para a tarefa (foco nos objetivos) e comportamentos orientados para as pessoas (foco no bem-estar da equipa). Destaca-se pela ideia de que a liderança pode ser desenvolvida, mas não define um conjunto universal de comportamentos eficazes. Contribuí para a inovação e para um ambiente de trabalho positivo.", "answer_len": 465, "latency_ms": 6837, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 7, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 27, "excerto_len": 67}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 15, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 14, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:09:14.259Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:09:14.259Z", "event_id": "f24cf385-c397-4662-8432-9ffd3a39f2d5"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Como se indicam omissões dentro de uma citação?", "answer": " As omissões em uma citação devem ser indicadas com o sinal de reticências (pontos suspensivos) com 1 espaço entre os pontos, como nos exemplos abaixo:\n - \"Os resultados indicaram uma correlação forte entre as variáveis\" [7, sublinhado nosso].\n\n Assim, qualquer parte do texto que tenha sido omitida será substituída por pontos suspensivos.", "answer_len": 345, "latency_ms": 6391, "sources": [{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 25, "excerto_len":
```

```
200}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 26, "excerto_len": 200},
{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 12, "excerto_len": 200}, {"fonte":
"TEMA 5A.pdf", "pagina": 27, "excerto_len": 200}], "models":
{"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore":
"faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:09:35.654Z", "datetime_utc": "2025-11-
04T22:09:35.654Z", "event_id": "292d19ab-48c8-4958-a87c-70b556ad7d99"}
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que elementos principais
compõem o exemplo de API do MAEnvs4VRP?", "answer": " O exemplo de API do
MAEnvs4VRP compõe-se principalmente pelas seguintes classes ou
módulos:\n 1. InstanceGenerator: responsável pela geração de instâncias
para o ambiente multi-agente dos problemas de roteamento de
veículos;\n 2. Environment: representa o ambiente multi-agente em si,
onde as ações dos agentes influenciam no seu estado e na sua
recompensa;\n 3. Observations: fornecem informações sobre o estado atual
do ambiente;\n 4. AgentSelector: utiliza para selecionar qual agente
executará uma ação determinada;\n 5. DenseReward: define a recompensa
densa para cada ação executada pelos agentes.\n Também nota-se que o
MAEnvs4VRP está construído sobre PyTorch e utiliza TensorDict como data
carrier (transportador de dados).", "answer_len": 739, "latency_ms": 8324,
"sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 22,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf",
"pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation
(1).pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 108}, {"fonte":
"Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 21, "excerto_len": 158}],
"models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama",
"vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:09:58.984Z", "datetime_utc":
"2025-11-04T22:09:58.984Z", "event_id": "42d9bb5b-aa77-4446-a57d-
c4996614973d"}
{"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "O que estuda a Teoria
da Troca entre Líder e Membro (LMX)?", "answer": " A Teoria da Troca entre
Líder e Membro (LMX) estuda a relação entre o líder e cada membro da
equipa, destacando que uma relação de alta qualidade resulta em maior
motivação e compromisso. Forma-se um \"grupo interno\" com os membros mais
próximos do líder e um \"grupo externo\" com os restantes, o que pode
influenciar o desempenho e o envolvimento.", "answer_len": 347,
"latency_ms": 6530, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 10, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 12, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 13, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 8, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-
text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:10:20.519Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:10:20.519Z", "event_id":
"8076e68d-9ee7-489e-b531-3efe9014878c"}
{"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Qual o tamanho de letra
recomendado para trabalhos acadêmicos?", "answer": " O tamanho de letra
```

```
recomendado para trabalhos acadêmicos é de tamanho 11.", "answer_len": 74,
"latency_ms": 5064, "sources": [{"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c -
Diapositivos.pdf", "pagina": 39, "excerto_len": 181}, {"fonte": "TEMA
5A.pdf", "pagina": 33, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c
- Diapositivos.pdf", "pagina": 31, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TEMA
5A.pdf", "pagina": 24, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings":
"nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"},
"ts": "2025-11-04T22:10:40.589Z", "datetime_utc": "2025-11-
04T22:10:40.589Z", "event_id": "6c4f101c-9e4c-4992-bd08-f25b0effb7b7"}
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Qual é o link do
repositório do MAEnvs4VRP Beta?", "answer": " O link do repositório do
MAEnvs4VRP Beta está na seguinte URL:
https://github.com/ricgama/maenvs4vrp_beta", "answer_len": 106,
"latency_ms": 5156, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation
(1).pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 108}, {"fonte":
"Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200},
{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 21,
"excerto_len": 158}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf",
"pagina": 22, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-
text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:11:00.750Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:11:00.750Z", "event_id":
"c4d74a91-c760-4dd4-bb9b-fade692aed7d"}
{"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Qual é a principal
crítica à Teoria dos Traços?", "answer": " A principal crítica à Teoria
dos Traços reside no fato de não considerar o contexto em que o líder
opera. Esta teoria enfoca as qualidades pessoais, como inteligência,
autoconfiança e sociabilidade, como sendo essenciais para influenciar
positivamente os seguidores, mas ignora a importância do ambiente ou da
situação em que o líder está inserido.", "answer_len": 349, "latency_ms":
6271, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 5,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 15,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 12,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 27,
"excerto_len": 67}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm":
"mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:11:22.029Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:11:22.029Z", "event_id":
"072ac961-73e2-4936-91e8-5eb752ea8307"}
{"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Que tipos de trabalhos
se incluem nas monografias?", "answer": " As monografias incluem Teses de
Doutoramento, Dissertações de Mestrado, Relatórios de Estágio e Relatórios
de Projeto.", "answer_len": 119, "latency_ms": 5182, "sources": [{"fonte":
"TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 3, "excerto_len": 200},
{"fonte": "TIA-IAC Tema 5b - Diapositivos.pdf", "pagina": 10,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf",
"pagina": 40, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Tema 5b -
```

```
Diapositivos.pdf", "pagina": 11, "excerto_len": 200}], "models":
{"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore":
"faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:11:42.215Z", "datetime_utc": "2025-11-
04T22:11:42.215Z", "event_id": "86d7766f-1c6e-4973-ad79-cfce60527dfc"}
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Quem é o autor indicado
para contacto?", "answer": " O autor indicado para contacto é Ricardo
Gama, cujo e-mail é rgama@estgl.ipv.pt.", "answer_len": 81, "latency_ms":
5001, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina":
2, "excerto_len": 31}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf",
"pagina": 25, "excerto_len": 108}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation
(1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte":
"Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 19, "excerto_len": 137}],
"models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama",
"vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:12:02.222Z", "datetime_utc":
"2025-11-04T22:12:02.222Z", "event_id": "3a834f34-0751-44c7-bd33-
ac08288371e5"}
{"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Quais foram os
problemas da Uber na fase pré-IPO?", "answer": " A Uber na fase pré-IPO
enfrentou vários problemas, principalmente devido à organização cultural
tóxica centrada em agressividade. Estes problemas levaram a escândalos que
afetaram a imagem pública da empresa. Além disso, falta de valores fortes
e consistentes tornou-se um grande obstáculo ao sucesso.", "answer_len":
302, "latency_ms": 6212, "sources": [{"fonte": "Liderança
Estratégica.pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança
Estratégica.pdf", "pagina": 26, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança
Estratégica.pdf", "pagina": 22, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança
Estratégica.pdf", "pagina": 18, "excerto_len": 95}], "models":
{"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore":
"faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:12:23.439Z", "datetime_utc": "2025-11-
04T22:12:23.439Z", "event_id": "99305006-8416-457a-b90c-767b1a2d787f"}
{"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Que secção contém a
análise e discussão dos resultados?", "answer": " A secção que contém a
análise e discussão dos resultados é a \"Análise + discussão dos
resultados\". Nesta secção, os autores descrevem os dados obtidos e
analizam o seu significado, além de discutir/confrontar os resultados com
dados de estudos e teorias mencionadas na fundamentação teórica.",
"answer_len": 290, "latency_ms": 6038, "sources": [{"fonte": "TEMA
5A.pdf", "pagina": 26, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c
- Diapositivos.pdf", "pagina": 33, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC
Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 23, "excerto_len": 168},
{"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 14,
"excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm":
"mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:12:44.484Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:12:44.484Z", "event_id":
"1b57e941-9f15-4f7a-930f-1fce3fb7f793"}
```

```
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que áreas principais são combinadas no projeto MAEnvs4VRP?", "answer": " O projeto MAEnvs4VRP combina principalmente as áreas de Ambientes Multi-Agent para Problemas de Rotação de Veículos, desenvolvimento de ambientes de aprendizagem automática e utilização da biblioteca PyTorch.", "answer_len": 209, "latency_ms": 5686, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 21, "excerto_len": 158}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 22, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 19, "excerto_len": 137}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:13:05.192Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:13:05.192Z", "event_id": "7d7f1a3c-5ef7-4609-b115-474655b30a40"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "O que levou o Yahoo! a perder relevância?", "answer": " A perda de relevância da empresa Yahoo! foi causada pela falha em adaptar-se à evolução do mercado, e mais especificamente à pesquisa e publicidade digital. Isto significa que não antecipou as mudanças tecnológicas que estavam a acontecer nesse sector.", "answer_len": 253, "latency_ms": 5868, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 18, "excerto_len": 95}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 22, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 20, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 27, "excerto_len": 67}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:13:26.066Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:13:26.066Z", "event_id": "7a1a0ba9-a727-4cfd-99d0-aa5902d79495"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Explique como o IEEE diferencia autores com o mesmo apelido.", "answer": " No sistema de referência bibliográfica do IEEE, a diferenciação entre autores com o mesmo sobrenome é feita automaticamente por meio dos números de referência únicos atribuídos a cada obra. Não há necessidade de utilizar nomes completos ou iniciais nos textos para diferenciá-los, o que torna mais simples e clara a citação. Todas as referências são listadas com os nomes completos ou iniciais dos autores no final do documento, permitindo uma distinção clara entre autores com o mesmo sobrenome.", "answer_len": 497, "latency_ms": 6928, "sources": [{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 8, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 2, "excerto_len": 136}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 18, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 17, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:13:48.001Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:13:48.001Z", "event_id": "fc046e0f-62b5-4b36-a306-018e934efa69"} {"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que autores são citados em relação à aprendizagem por reforço aplicada à otimização
```

```
combinatória?", "answer": " Os autores citados em relação à aprendizagem por reforço aplicada à otimização combinatória são: Igor Bello, Hieu Pham, Quoc V. Le, Mickael Norouzi e Yoshua Bengio. Esses autores estão associados aos artigos \"Neural Combinatorial Optimization with Reinforcement Learning\" (Reinforcement Learning 2 e Reinforcement Learning 3).", "answer_len": 327, "latency_ms": 6141, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 6, "excerto_len": 175}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 5, "excerto_len": 175}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 12, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 20, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:14:09.148Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:14:09.148Z", "event_id": "2b610e2f-221b-4f52-a862-8c9c00593a5f"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Porque a agilidade e resiliência são cruciais na liderança moderna?", "answer": " A agilidade e resiliência são fundamentais na liderança moderna porque em tempos de crise, a capacidade de se adaptar rápido e com eficiência é crucial. Isto permite que as organizações enfrentem desafios inesperados e desenvolvam resiliência para sobreviver e prosperar num mercado que está em constante evolução.", "answer_len": 315, "latency_ms": 6080, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 28, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 18, "excerto_len": 95}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 28, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 14, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:14:30.233Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:14:30.233Z", "event_id": "b874c4f2-59fc-421e-aaa0-392cc4920dc8"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Quando se usa \"pp.\" em vez de \"p.\"?", "answer": " Usam \"pp.\" ao invés de \"p.\" quando for necessário indicar que o texto cita mais de um parágrafo. A abreviatura \"para.\" refere-se ao número da página e, por isso, não é usada se for referido um conjunto de parágrafos em vez de uma única página.", "answer_len": 244, "latency_ms": 5816, "sources": [{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 22, "excerto_len": 96}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 46, "excerto_len": 67}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 21, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 28}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:14:51.054Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:14:51.054Z", "event_id": "3f0e801b-b142-42ea-b893-a249a17dd942"} {"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que região é usada como exemplo no problema apresentado?", "answer": " A região usada como exemplo no problema apresentado é a Douro.", "answer_len": 63, "latency_ms": 4757,
```

```
"sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 2, "excerto_len": 31}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 108}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 19, "excerto_len": 137}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:15:10.827Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:15:10.827Z", "event_id": "7a22f720-e681-4326-903b-45ee95f8bea6"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Qual o papel da liderança estratégica nas tecnologias de informação?", "answer": " O papel da liderança estratégica nas tecnologias de informação (TI) é fundamental para alinhar as inovações tecnológicas aos objetivos organizacionais. A liderança estratégica em TI exige uma visão de longo prazo e requer que os líderes tenham uma compreensão profunda das tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), big data e automação.\n\nLíderes estratégicos precisam ter a capacidade de influenciar o seu ambiente para que seja possível implementar as melhores práticas em TI e automação, visando aumentar a eficiência e a competitividade do negócio. Os exemplos práticos podem ser empresas como Microsoft e Amazon, que utilizam a inovação para diferenciar-se no mercado e otimizar as operações.\n\nNa actualidade, a liderança estratégica em TI também deve enfrentar desafios, tais como pressões económicas e ambientais, agilidade e resiliência, bem como o aumento do trabalho remoto. Assim, a liderança estratégica deve ser proativa em adotar práticas sustentáveis e flexível para gerir equipas à distância, garantindo comunicação eficiente, motivação e bem-estar dos colaboradores.", "answer_len": 1102, "latency_ms": 10271, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 29, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 28, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 16, "excerto_len": 35}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 28, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:15:36.112Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:15:36.112Z", "event_id": "5975c597-3de1-4dd5-97e4-24676f414bd4"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "O que distingue o relatório de estágio do relatório de projeto?", "answer": " O relatório de estágio e o relatório de projeto são documentos diferentes, embora ambos possam ter uma estrutura semelhante. Enquanto o relatório de projeto normalmente apresenta a ideia inicial de um projeto, sua metodologia e objetivos, incluindo a indicação de como o projeto vai alcançar esses objetivos específicos, o relatório de estágio regista a execução prática desse projeto. Em outras palavras, enquanto o relatório de projeto apresenta o plano do projeto, o relatório de estágio documenta como foi executado e quantos objetivos específicos foram atingidos durante a
```

execução do projeto. Isso inclui as respostas ao problema previsto no projeto, implicações/contribuições do estágio, limitações/constrangimentos do estágio e recomendações futuras ou questões deixadas em aberto.", "answer_len": 790, "latency_ms": 8644, "sources": [{"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 15, "excerto_len": 93}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 16, "excerto_len": 59}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 20, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 28}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:15:59.762Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:15:59.762Z", "event_id": "6ba13a81-1aec-4d76-8af7-f5dd4b3ca89b"} {"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Como se chama a competição?", "answer": " A competição se chama \"Vehicle Routing Competition\" (Competição de Rotas de Veículos).", "answer_len": 87, "latency_ms": 4893, "sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 25, "excerto_len": 108}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 17, "excerto_len": 47}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 16, "excerto_len": 47}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 15, "excerto_len": 130}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:16:19.666Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:16:19.666Z", "event_id": "7f27f4fc-91cc-4003-8776-e25b08dc0316"} {"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Segundo a Teoria Situacional, o que determina o estilo de liderança adequado?", "answer": " De acordo com a Teoria Situacional, o estilo de liderança adequado depende da capacidade do líder de adaptar o seu estilo às necessidades específicas da equipe e da situação.", "answer_len": 175, "latency_ms": 5606, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 12, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 8, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 7, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 9, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:16:40.277Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:16:40.277Z", "event_id": "afee1480-6672-4924-85f4-4eac03b5d536"} {"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Explique por que a impessoalidade é essencial na redação científica.", "answer": " A impessoalidade é essencial na redação científica porque o objetivo principal desta escrita é apresentar informação objectiva e verificável, em vez de expressar opiniões pessoais ou preconceitos. Isso garante a credibilidade do trabalho científico e permite que os resultados sejam reproduzidos por outros investigadores com as mesmas condições. Por isso, é importante minimizar a presença da autoria pessoal nas publicações

```
científicas, mantendo-se uma linguagem clara e concisa, sem expressões
subjetivas ou prejudiciais.", "answer_len": 525, "latency_ms": 6996,
"sources": [{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 26, "excerto_len": 200},
{"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf", "pagina": 24,
"excerto_len": 38}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf",
"pagina": 23, "excerto_len": 168}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 37,
"excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm":
"mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:17:02.279Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:17:02.279Z", "event_id":
"f7bad0ba-0bf3-48bc-87c2-7cd727a196de"}
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que filosofia geral o
projeto segue?", "answer": " O projeto seguido no documento é uma
abordagem de aprendizagem automática reforçada (Reinforcement Learning)
para problemas de rotas de veículos (VRP). Essa filosofia geral se baseia
na solução de problemas por meio da interação repetida com o ambiente, sem
instruções explicitamente fornecidas sobre como atingir um objetivo
específico, mas apenas pelas recompensas ou punições que o ambiente dá
depois das ações tomadas.", "answer_len": 423, "latency_ms": 6373,
"sources": [{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 25,
"excerto_len": 108}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf",
"pagina": 2, "excerto_len": 31}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation
(1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte":
"Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 12, "excerto_len": 200}],
"models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama",
"vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:17:23.658Z", "datetime_utc":
"2025-11-04T22:17:23.658Z", "event_id": "0e922871-8be1-41ca-8fb6-
85366b6962fb"}
{"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Porque o foco no
cliente é um fator crítico de sucesso?", "answer": " O foco no cliente é
um fator crítico de sucesso pois permite que uma empresa se destaque pela
experiência e pela inovação oferecida ao cliente, o que resulta numa forte
fidelização dos clientes e uma vantagem competitiva.", "answer_len": 222,
"latency_ms": 5716, "sources": [{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 27, "excerto_len": 67}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 18, "excerto_len": 95}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 21, "excerto_len": 200}, {"fonte": "Liderança Estratégica.pdf",
"pagina": 20, "excerto_len": 200}], "models": {"embeddings": "nomic-embed-
text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-
04T22:17:44.386Z", "datetime_utc": "2025-11-04T22:17:44.386Z", "event_id":
"c00857e8-da89-436a-afc9-d5e4121c7163"}
{"type": "chat", "disciplina": "IIC", "question": "Por que se recomenda a
cor preta no texto?", "answer": " A cor preta no texto não é recomendada
por motivos estéticos, mas sim para melhor legibilidade. Isto porque a cor
preta tem uma alta contraste em relação às outras cores comumente
utilizadas na impressão e na tela dos dispositivos. Além disso, as letras
```

```
preto são facilmente lidas por quase todos os tipos de pessoas,
independentemente da idade ou do grau de deficiência visual que possam ter
(Para. 2).\n\n Fonte: Regras de utilização, para. 2.", "answer_len":
447, "latency_ms": 6635, "sources": [{"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina":
21, "excerto_len": 200}, {"fonte": "TEMA 5A.pdf", "pagina": 25,
"excerto_len": 200}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c - Diapositivos.pdf",
"pagina": 27, "excerto_len": 118}, {"fonte": "TIA-IAC Sessão 5c -
Diapositivos.pdf", "pagina": 30, "excerto_len": 72}], "models":
{"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama", "vectorstore":
"faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:18:06.027Z", "datetime_utc": "2025-11-
04T22:18:06.027Z", "event_id": "518b0b3c-2d7e-471b-aa6d-9c3c9d8887c4"}
{"type": "chat", "disciplina": "S", "question": "Que filosofia geral o
projeto segue?", "answer": " A filosofia geral do projeto MAEnvs4VRP é a
filosofia de aprendizagem reforçada (Reinforcement Learning). Este projeto
utiliza uma abordagem de aprendizagem reforçada para resolver problemas de
rotas de veículo.", "answer_len": 212, "latency_ms": 5772, "sources":
[{"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 25,
"excerto_len": 108}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation (1).pdf",
"pagina": 2, "excerto_len": 31}, {"fonte": "Ricardo_Gama_presentation
(1).pdf", "pagina": 1, "excerto_len": 200}, {"fonte":
"Ricardo_Gama_presentation (1).pdf", "pagina": 12, "excerto_len": 200}],
"models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama",
"vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:18:26.805Z", "datetime_utc":
"2025-11-04T22:18:26.805Z", "event_id": "96886444-d3ac-4e5c-bbb1-
8b969905e294"}
{"type": "chat", "disciplina": "EEC", "question": "Quais são os estilos da
Teoria Caminho-Objetivo?", "answer": " Os quatro estilos da Teoria
Caminho-Objetivo são o diretivo, de apoio, participativo e orientado para
a realização.", "answer_len": 116, "latency_ms": 5143, "sources":
[{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 9, "excerto_len": 200},
{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 27, "excerto_len": 67},
{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 11, "excerto_len": 200},
{"fonte": "Liderança Estratégica.pdf", "pagina": 5, "excerto_len": 200}],
"models": {"embeddings": "nomic-embed-text", "llm": "mistral@ollama",
"vectorstore": "faiss"}, "ts": "2025-11-04T22:18:46.955Z", "datetime_utc":
"2025-11-04T22:18:46.955Z", "event_id": "428a8f23-2769-4d6a-8b46-
d005751ea8e6"}
```