



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

Vinícius Araújo Beltrami

Lume: Solução tecnológica para acessibilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes públicos

São José do Rio Preto

2025

Vinícius Araújo Beltrami

Lume: Solução tecnológica para acessibilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes públicos

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, junto ao Departamento de Ciências de Computação e Estatística do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de São José do Rio Preto.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - (UNESP)

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - (IBILCE)

Departamento de Ciências de Computação e Estatística

Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: Profa. Dra. Rogéria Gratão de Souza

São José do Rio Preto

2025

B453l

Beltrami, Vinícius Araújo

Lume: Solução tecnológica para acessibilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes públicos / Vinícius Araújo Beltrami.

-- , 2025

39 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (-) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, Orientadora: Rogéria Cristiane Gratão de Souza

1. Tecnologia assistiva. 2. Acessibilidade. 3. Deficiência visual. 4. Chatbot. 5. Inteligência Artificial. I. Título.

Vinícius Araújo Beltrami

Lume: Solução tecnológica para acessibilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes públicos

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, junto ao Departamento de Ciências de Computação e Estatística do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora:

Prof(a). Dr(a). Rogéria Cristiane Gratão de Souza

UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientador

Profa. Dra. Adriana Barbosa Santos

UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Geraldo Francisco Donéga Záfalon

UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

São José do Rio Preto

04/12/2025

Dedicatória

Dedico primeiramente a Deus, que é tudo para mim, aquele que dá sentido a tudo o que faço e a tudo o que sou. Um Deus maravilhoso, infinitamente bom, que me sustentou em cada momento até aqui.

Dedico também aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e sonharam com este momento, renunciando tantas coisas para que pudéssemos chegar até aqui. Esta conquista é nossa.

À minha família, especialmente ao meu irmão Felipe, à minha avó Lázara e à minha tia Helena, a quem amo profundamente, que representam uma parte essencial da minha vida e fazem parte da construção de quem sou.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus. Sem a graça e a direção do Senhor, eu não sou nada. Ao olhar para trás, percebo a bondade de Deus em cada detalhe, o Seu cuidado constante e a Sua graça sendo derramada sobre a minha vida em todos os momentos.

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Dr^a Rogéria Cristiane Gratão de Souza, por toda sua paciência, dedicação e cuidado ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao Instituto dos Cegos de São José do Rio Preto, especialmente ao técnico de tecnologia assistiva Rodolfo Cunha, pela disponibilidade e colaboração desde o primeiro momento. Agradeço ainda ao Ricardo, Ingrid, Luciano e Natália, que se dispuseram a testar a solução e foram de suma importância para sua validação.

Estendo meus agradecimentos aos professores da UNESP, à minha família e ao Lebron, meu cachorrinho, que mudou as nossas vidas quando chegou em 2021. Agradeço também a todos os colegas de classe e aos amigos que estiveram ao meu lado nessa fase.

Agradeço especialmente ao Matheus Santos, que foi meu amigo para todas as horas durante a graduação: rachas, treinos, trabalhos, grupos, conversas, risadas e até aquele salgado no “Uai Café”. Ele foi meu amigo para todos os momentos.

À Nathalia Mattos, amiga e confidente fiel, sempre animada e com os melhores planos e conselhos. Obrigado por tudo, Nathy; sua amizade foi um presente de Deus.

À Laura Melzi, a presbiteriana que eu mais gosto neste mundo. Cada conversa — às vezes boba e divertida, outras vezes complicada, desorganizada e longa — mas sempre cheia de verdade, profundidade e amor por Cristo, me ensinou muito. Muito obrigado.

Por fim, deixo um agradecimento especial à ABU, Aliança Bíblica Universitária, um presente gigantesco de Deus nesta etapa da minha vida. A ABU transformou completamente minha experiência no ambiente universitário, trazendo amizade, apoio e propósito para o meu dia a dia no campus. Glória a Deus por esse movimento. Que estudantes continuem alcançando estudantes com o Evangelho de Jesus Cristo, para glória de Deus.

Mudaste o meu pranto em dança, a minha veste de lamento em veste de alegria, para que o meu coração cante louvores a ti e não se cale. Senhor, meu Deus, eu te darei graças para sempre.

Salmos 30:11-12

Resumo

A orientação espacial e o acesso à informação em ambientes públicos ainda representam desafios significativos para pessoas com deficiência visual, especialmente quando a infraestrutura física e os recursos informacionais disponíveis não são planejados de forma acessível. A ausência de sinalização adequada, de descrições claras sobre a organização dos espaços e de meios autônomos para obter informações gera insegurança, dependência de terceiros e limitações na mobilidade cotidiana. Nesse contexto, torna-se essencial desenvolver soluções tecnológicas que contribuam para reduzir essas barreiras, oferecendo suporte informacional acessível e promovendo maior autonomia para esse público em situações reais de circulação.

Assim, neste trabalho de conclusão de curso é desenvolvida uma solução tecnológica voltada à acessibilidade de pessoas com deficiência visual em ambientes públicos. O projeto consistiu na criação do *Lume - Ajudante de Acessibilidade*, um *chatbot* integrado ao *WhatsApp* e apoiado por inteligência artificial, projetado para fornecer orientações espaciais e informações gerais de forma acessível, clara e compatível com leitores de tela.

A concepção da solução baseou-se em um processo colaborativo com o Instituto dos Cegos de São José do Rio Preto, envolvendo reuniões exploratórias, validação dos requisitos e um pré-teste funcional. Para avaliação, foram conduzidos testes de usabilidade com quatro participantes cegos, todos usuários habituais de tecnologias assistivas. A pesquisa utilizou abordagem qualitativa, analisando percepções, comentários e recorrências identificadas nas respostas dos participantes.

Constatou-se que, apesar da qualidade e utilidade do assistente, sua eficácia plena depende da existência de condições adequadas de acessibilidade física no ambiente em que é utilizado. Foi observado que recursos como pisos táteis, sinalização adequada e organização espacial acessível são fundamentais para complementar as orientações fornecidas pelo *chatbot*, aspectos esses que dizem respeito à infraestrutura dos espaços públicos.

Conclui-se que o *Lume* se configura como uma ferramenta viável promissora para apoiar a locomoção e o acesso à informação por pessoas com deficiência visual, apresentando potencial de expansão para outros cenários e instituições.

Palavras-chave: Acessibilidade, Deficiência visual, Tecnologias assistivas, *Chatbot*, Inteligência Artificial.

Abstract

Spatial orientation and access to information in public environments still represent significant challenges for people with visual impairments, especially when physical infrastructure and available informational resources are not designed in an accessible manner. The absence of adequate signage, clear descriptions of spatial organization, and autonomous means to obtain information generates insecurity, dependence on others, and limitations in daily mobility. In this context, it becomes essential to develop technological solutions capable of reducing these barriers by offering accessible informational support and promoting greater autonomy in real circulation scenarios.

Thus, this undergraduate thesis describes the development of a technological solution aimed at improving accessibility for people with visual impairments in public environments. The project consisted of creating *Lume – Ajudante de Acessibilidade*, a chatbot integrated into WhatsApp and supported by artificial intelligence, designed to provide spatial guidance and general information in a clear, accessible manner and fully compatible with screen readers.

The conception of the solution involved a collaborative process with the “*Instituto dos Cegos*” of São José do Rio Preto, including exploratory meetings, requirements validation, and a preliminary functional test. For the evaluation, usability tests were conducted with four blind participants who were regular users of assistive technologies. A qualitative approach was adopted, focusing on the interpretation of participants perceptions, comments, and recurring observations.

Findings indicated that, despite the quality and usefulness of the assistant, its full effectiveness depends on the presence of adequate physical accessibility conditions in the environment in which it operates. Features such as tactile flooring, appropriate signage, and accessible spatial layout were observed to be essential complements to the guidance provided by the chatbot, as they relate directly to the physical infrastructure of public spaces.

In conclusion, *Lume* emerges as a viable and promising tool to support mobility and access to information for people with visual impairments, showing strong potential for expansion to other contexts and institutions.

Keywords: *Accessibility, Visual impairment, Assistive technologies, Chatbot, Artificial intelligence*

Sumário

	Lista de ilustrações	10
	Lista de tabelas	11
1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Objetivos	14
1.3	Justificativa	15
1.4	Metodologia	15
1.5	Organização do Trabalho	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Acessibilidade Digital	17
2.2	Audiodescrição como Recurso Complementar	19
2.3	Contribuições de Estudos Anteriores	20
3	METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO CHATBOT	21
3.1	Tipo e Abordagem da Pesquisa	21
3.2	Levantamento de Requisitos e Concepção da Solução	21
3.3	Descrição da Tecnologia Utilizada	23
3.4	Infraestrutura Local de Desenvolvimento	24
3.5	Arquitetura do Sistema	25
3.6	Apresentação da Solução	27
4	AVALIAÇÃO DO PROJETO	30
4.1	Contextualização e Objetivos da Etapa	30
4.2	Instrumentos de Coleta e Análise	30
4.3	Perfil dos Participantes	31
4.4	Discussão dos Resultados	32
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES	38

Lista de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura geral do sistema e fluxo de comunicação entre os componentes.	26
Figura 2 – Saudação inicial e pedido de esclarecimento de contexto.	27
Figura 3 – Orientação contextualizada para localização de salas de aula.	28
Figura 4 – Exemplo de orientação espacial detalhada fornecida pelo <i>chatbot</i>	28
Figura 5 – Resposta sobre o horário de funcionamento da biblioteca.	28
Figura 6 – Encerramento da interação com mensagem de agradecimento.	29

Lista de tabelas

Tabela 1	–	Requisitos funcionais e não funcionais da solução proposta	23
Tabela 2	–	Resumo das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema . . .	24
Tabela 3	–	Síntese do perfil dos participantes da pesquisa	32
Tabela 4	–	Trechos representativos das falas dos participantes na avaliação do <i>Lume</i>	33

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
IA	Inteligência Artificial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBILCE	Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
NVDA	<i>NonVisual Desktop Access</i>
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
WAHA	<i>WhatsApp HTTP API</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

1 Introdução

1.1 Contextualização

A inclusão social e o acesso equitativo às tecnologias da informação constituem temas de crescente relevância no cenário brasileiro contemporâneo, especialmente no que se refere à acessibilidade digital. Este conceito diz respeito à adoção de práticas, padrões e recursos tecnológicos que assegurem o aproveitamento de conteúdos e serviços digitais por pessoas com deficiência, em igualdade de condições com os demais usuários (W3C, 2023). A discussão acerca da acessibilidade digital tem se intensificado no campo da tecnologia, particularmente no desenvolvimento de soluções que promovam a inclusão de pessoas com deficiência em ambientes digitais (HORTON; QUESENBERRY, 2021; FRYER, 2022).

Entre as tecnologias emergentes no contexto da interação digital, destacam-se os *chatbots*, sistemas automatizados capazes de interagir com os usuários por meio de mensagens de texto ou voz, simulando um diálogo humano. Tais ferramentas vêm sendo amplamente utilizadas em setores como atendimento ao cliente, saúde e educação, devido à sua capacidade de oferecer respostas rápidas e personalizadas (SILVA et al., 2020; ADAM; WESSEL; BENLIAN, 2021). De modo geral, os *chatbots* são concebidos para facilitar a comunicação entre usuários e sistemas computacionais, tornando a experiência mais dinâmica e eficiente (BARBOSA, 2019; BRANDTZAEG; FØLSTAD, 2017).

No entanto, observa-se que a maioria desses sistemas não contempla, de forma adequada, as necessidades específicas de pessoas com deficiência visual. Estudos indicam que ainda há desafios significativos no que tange à acessibilidade em *chatbots*, e que a construção de interfaces mais inclusivas pode representar um avanço substancial na garantia do direito à informação para esse público (BARBOSA, 2019). Ferramentas que desconsideram diretrizes de acessibilidade acabam por impor obstáculos tanto na usabilidade quanto na interação, limitando, na prática, o acesso pleno a serviços digitais em ambientes públicos (PEREIRA; ALMEIDA; NASCIMENTO, 2022; LOPES; LIMA, 2020).

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil possuía, em 2022, aproximadamente 18,6 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, o que corresponde a 8,9% da população com dois anos ou mais. Dentre esse total, cerca de 3,4% apresentavam deficiência visual¹. Tal contingente demográfico reforça a importância de se promover a inclusão digital dessa parcela da população, que ainda enfrenta inúmeras barreiras

¹ Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com__mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a16136dba23b9.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

no uso de tecnologias essenciais para o exercício pleno da cidadania.

A esse respeito, pesquisas apontam que apenas 0,46% dos mais de 21 milhões de sites ativos no Brasil estavam livres de barreiras de acessibilidade em 2022, conforme levantamento realizado pelo Movimento Web para Todos em parceria com a BigData Corp². De forma semelhante, segundo reportagem publicada no jornal Folha de São Paulo³, constatou-se que apenas 0,7% dos portais do governo federal atendiam de forma plena aos critérios de acessibilidade exigidos.

As dificuldades enfrentadas pelas pessoas com deficiência visual não se restringem aos sites. Em diversas aplicações cotidianas, como os sistemas de reconhecimento facial, a ausência de compatibilidade com leitores de tela compromete a experiência do usuário e, em muitos casos, impede o acesso aos serviços digitais (ARAÚJO; SILVA; CARVALHO, 2021).

Nesse cenário, a acessibilidade digital não deve ser tratada como um diferencial ou privilégio, mas sim como uma exigência ética e legal. Tecnologias desenvolvidas sob os princípios do *Design Universal* e da acessibilidade podem, de fato, transformar-se em instrumentos eficazes de inclusão social, promovendo maior autonomia e independência para as pessoas com deficiência (LEMONS; REIS, 2021).

Assim, busca-se contribuir com uma solução automatizada, integrada à plataforma *WhatsApp* – ferramenta amplamente utilizada no Brasil, inclusive entre pessoas com deficiência visual (PEREIRA; SOUSA, 2020). O intuito é atender de forma mais adequada às demandas desse público, contribuindo para a eliminação de barreiras informacionais e para o fortalecimento de uma cultura de acessibilidade digital no país (REBOUÇAS; ANDRADE, 2022).

1.2 Objetivos

O objetivo deste projeto é desenvolver um *chatbot* acessível para *WhatsApp*, visando à inclusão da comunidade cega e de baixa visão e à melhoria da experiência em locais públicos, como hospitais, rodoviárias e universidades.

Os objetivos específicos deste trabalho são levantar os principais desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes públicos, projetar um *chatbot* compatível com tecnologias assistivas para *WhatsApp* e avaliar o uso do *chatbot* com usuários cegos ou com baixa visão.

² Disponível em: <<https://mwpt.com.br/metodologia-utilizada-no-estudo-de-acessibilidade-em-sites-ativos-brasil-2022/#:~:text=Em%20uma%20a%C3%A7%C3%A3o%20conjunta%20com,de%20sites%20ativos%20do%20Brasil.>>>. Acesso em: 25 jul. 2025.

³ Disponível em: <[>https://www1.folha.uol.com.br/tec/2022/10/pessoas-com-deficiencia-ainda-enfrentam-barreiras-no-shtml](https://www1.folha.uol.com.br/tec/2022/10/pessoas-com-deficiencia-ainda-enfrentam-barreiras-no-shtml)>. Acesso em: 25 jul. 2025.

1.3 Justificativa

A acessibilidade é reconhecida como um direito humano fundamental, essencial para garantir a participação plena e igualitária de todas as pessoas na sociedade, independentemente de suas capacidades físicas, sensoriais ou cognitivas. A Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, adotada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2006, reforça que a acessibilidade é um elemento essencial para garantir igualdade de oportunidades e participação plena na sociedade (Organização das Nações Unidas, 2006). A inclusão digital desempenha um papel crucial nesse contexto, assegurando que pessoas com deficiência visual possam acessar informações e serviços de forma independente (W3C, 2023).

Contudo, muitos sistemas de autoatendimento e *chatbots* apresentam barreiras significativas para esses usuários, seja por interfaces pouco intuitivas ou pela falta de suporte adequado. Estudos apontam que menos de 14% dos aplicativos disponíveis para sistemas Android possuem descrições de imagens, um recurso fundamental para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual (BARBOSA, 2019). Além disso, pesquisas revelam que usuários cegos ou de baixa visão enfrentam dificuldades e frustrações ao interagir com *chatbots* web, devido a obstáculos como a falta de compatibilidade com leitores de tela, botões sem rótulos acessíveis, ausência de atalhos de teclado e respostas baseadas apenas em elementos visuais, sem alternativas em texto (OLIVEIRA, 2022; OLIVEIRA; OKIMOTO, 2023).

Por outro lado, o *WhatsApp* tem se destacado como uma plataforma amplamente utilizada por pessoas com deficiência visual, devido ao seu suporte a recursos de acessibilidade, como o TalkBack no Android e o VoiceOver no iOS. Esses leitores de tela permitem que usuários interajam com o aplicativo por meio de feedback auditivo e gestos táteis. Além disso, assistentes virtuais como a Siri podem ler mensagens do *WhatsApp* em voz alta e permitir a ditado de respostas.

A criação de casos de uso voltados exclusivamente para armazenar e fornecer informações importantes para esse público é um diferencial deste projeto, considerando que a obtenção de informações muitas vezes é desafiadora para pessoas com deficiência visual. Estudos indicam que a acessibilidade em *chatbots* ainda enfrenta desafios significativos, e a construção de interfaces mais inclusivas pode facilitar o acesso à informação por esse público (BARBOSA, 2019).

1.4 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, as seguintes etapas foram concluídas:

- **Revisão bibliográfica** - Levantamento de materiais sobre acessibilidade digital e *chatbots*.

- **Definição de requisitos** - Identificação das principais necessidades dos usuários com deficiência visual em ambientes públicos.
- **Modelagem do protótipo** - Planejamento da interação e fluxos de conversa.
- **Implementação** - Desenvolvimento do *chatbot* utilizando integração com *WhatsApp*.
- **Testes com usuários** - Avaliação da usabilidade com pessoas cegas e de baixa visão para validação da solução.
- **Ajustes e otimização** - Melhorias com base no feedback dos usuários.
- **Escrita da monografia** - Documentação do projeto e resultados obtidos.

1.5 Organização do Trabalho

A estrutura deste trabalho está organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 1** apresenta a introdução, contextualizando o tema, justificando a escolha e definindo os objetivos.
- **Capítulo 2** trata da fundamentação teórica, abordando acessibilidade digital, *chatbots*, tecnologias assistivas e *design* centrado no usuário.
- **Capítulo 3** descreve a solução desenvolvida.
- **Capítulo 4** apresenta os resultados dos testes e as análises realizadas.
- **Capítulo 5** traz as considerações finais, limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Acessibilidade Digital

A acessibilidade digital refere-se à capacidade de pessoas com diferentes tipos de deficiência acessarem, compreenderem e interagirem com conteúdos e serviços oferecidos por meios digitais, como websites, aplicativos e sistemas automatizados. Trata-se de um conceito que ultrapassa aspectos técnicos, envolvendo dimensões sociais e éticas relacionadas ao direito à informação e à participação plena na sociedade contemporânea (HORTON; QUESENBERRY, 2021). Essa condição é ainda mais relevante quando se considera pessoas com deficiência visual, para as quais tecnologias assistivas, como a audiodescrição, funcionam como instrumentos de inclusão e autonomia digital (FRYER, 2022).

O World Wide Web Consortium (W3C), por meio das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), define a acessibilidade digital como a criação de conteúdos e interfaces utilizáveis por todas as pessoas, independentemente de suas limitações físicas, sensoriais ou cognitivas (W3C, 2023). As WCAG, atualmente em sua versão 2.2, estruturam a acessibilidade em torno de quatro princípios fundamentais: perceptibilidade, operabilidade, compreensibilidade e robustez. Tais princípios orientam o desenvolvimento de soluções que possam ser acessadas com eficácia por pessoas com deficiência, especialmente aquelas que dependem de tecnologias assistivas como leitores de tela.

O princípio da perceptibilidade exige que as informações e os componentes da interface estejam disponíveis para todos os sentidos dos usuários, como a audição e o tato, no caso de pessoas com deficiência visual. Isso implica, por exemplo, o uso de alternativas textuais para imagens, contraste adequado entre elementos visuais e conteúdo textual legível por leitores de tela (HORTON; QUESENBERRY, 2021). A operabilidade refere-se à capacidade de navegação e interação com a interface sem exigir habilidades que determinadas deficiências possam comprometer. Em contextos acessíveis, é fundamental que o sistema funcione adequadamente com teclado ou comandos de voz, possibilitando que usuários que não utilizam o *mouse* naveguem com eficiência.

O princípio da compreensibilidade enfatiza a importância de que os conteúdos sejam apresentados de forma clara e previsível, permitindo que o usuário compreenda as informações e navegue intuitivamente. Isso é particularmente importante no uso de assistentes virtuais e *chatbots*, cujas mensagens e respostas devem ser objetivas e bem estruturadas (SILVA et al., 2020). Já a robustez refere-se à capacidade de os conteúdos funcionarem de maneira confiável em diferentes plataformas, navegadores e tecnologias assistivas, garantindo que atualizações nos softwares ou navegadores não comprometam a acessibilidade (W3C, 2023).

Esses princípios se articulam com os fundamentos do *Design Universal*, que propõe o desenvolvimento de produtos, serviços e ambientes utilizáveis pelo maior número possível de pessoas, sem necessidade de adaptação posterior (LEMOS; REIS, 2021). O *Design Universal* pressupõe que a acessibilidade seja integrada desde o início do processo de desenvolvimento, e não tratada como um recurso adicional ou um ajuste tardio. No caso de *chatbots*, como o proposto neste projeto, isso significa planejar fluxos conversacionais compatíveis com leitores de tela, utilizar vocabulário simples, evitar ambiguidade e garantir que a interação ocorra de forma linear e compreensível para usuários cegos ou com baixa visão.

Estudos demonstram que, embora os *chatbots* sejam cada vez mais utilizados em setores como educação, saúde e atendimento ao cliente, sua acessibilidade ainda é limitada (BARBOSA, 2019). Muitos desses sistemas não consideram as diretrizes das WCAG nem os princípios do *Design Universal*, o que resulta em interfaces inacessíveis e excludentes. Essa realidade impõe desafios técnicos e éticos, pois priva pessoas com deficiência visual de acessarem informações essenciais e interagirem com serviços digitais em igualdade de condições (PEREIRA; ALMEIDA; NASCIMENTO, 2022). No Brasil, o problema é ainda mais evidente: levantamento realizado pelo Movimento Web para Todos apontou que apenas 0,46% dos sites nacionais estavam livres de barreiras de acessibilidade em 2022¹.

O *WhatsApp* é amplamente adotado por pessoas com deficiência visual (SILVA; LIMA; NASCIMENTO, 2024) devido à sua compatibilidade com tecnologias assistivas, como o TalkBack e o VoiceOver. Esses recursos permitem o uso do aplicativo por meio de feedback auditivo e comandos de voz. Além disso, funcionalidades como ajuste de fonte, leitura automática de mensagens e ditado de texto favorecem sua acessibilidade.

A escolha do *WhatsApp* como plataforma para o *chatbot* deste trabalho se justifica pela sua ampla adoção, familiaridade com o público-alvo e suporte nativo a recursos acessíveis, reduzindo a curva de aprendizado e facilitando a aceitação e adequação da solução.

Portanto, a acessibilidade digital não deve ser encarada como um diferencial competitivo ou uma simples exigência normativa, mas como um direito humano fundamental, previsto inclusive na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, da Organização das Nações Unidas (Organização das Nações Unidas, 2006). Ao garantir acesso universal aos serviços digitais, tecnologias acessíveis como o *chatbot* proposto neste trabalho podem se transformar em instrumentos de autonomia, cidadania e participação plena para pessoas com deficiência visual. Ao adotar os princípios das WCAG e do *Design Universal* como base teórica e metodológica, este projeto contribui para o fortalecimento de uma cultura de acessibilidade digital no Brasil e para a eliminação de barreiras informacionais em espaços públicos.

¹ Disponível em: <<https://mwpt.com.br/metodologia-utilizada-no-estudo-de-acessibilidade-em-sites-ativos-brasil-2022/#:~:text=Em%20uma%20a%C3%A7%C3%A3o%20conjunta%20com,de%20sites%20ativos%20do%20Brasil.>>>. Acesso em: 25 jul. 2025.

2.2 Audiodescrição como Recurso Complementar

A audiodescrição é uma tecnologia assistiva essencial para a inclusão de pessoas com deficiência visual em diferentes contextos comunicacionais. Trata-se de uma narração adicional que traduz em palavras os elementos visuais importantes de uma determinada cena, ambiente ou interface, permitindo que o público cego ou com baixa visão tenha acesso à mesma informação que os demais usuários (FRYER, 2022). Esse recurso é amplamente utilizado em produtos audiovisuais, museus, apresentações teatrais, ambientes urbanos e, mais recentemente, em interfaces digitais.

Segundo Fryer (2022), a audiodescrição deve ir além da simples tradução literal de imagens e considerar aspectos como intenção comunicativa, tom, ritmo e foco narrativo, de forma a construir uma experiência mais significativa e contextualizada. No ambiente digital, sua aplicação vem sendo expandida para a descrição de elementos gráficos de websites, aplicativos móveis e até mesmo interações com assistentes virtuais e *chatbots*.

No desenvolvimento de interfaces conversacionais acessíveis, como os *chatbots*, a audiodescrição pode desempenhar um papel complementar fundamental, pois fornece informações visuais por meio sonoro, ampliando a compreensão do ambiente e da interação para pessoas com deficiência visual. A audiodescrição é definida na literatura como uma tecnologia assistiva que torna conteúdos visuais compreensíveis para pessoas cegas ou com baixa visão, contribuindo para a autonomia e a participação social desse público (FRYER, 2022; HORTON; QUESENBERRY, 2021). De acordo com as recomendações da WCAG 2.2, a descrição textual de elementos visuais é um requisito fundamental para garantir acessibilidade em ambientes digitais (W3C, 2023). Embora essas interfaces se baseiem predominantemente em texto e voz, ainda há representações visuais como: botões, emojis, imagens e estrutura hierárquica das mensagens, que podem ser relevantes para a navegação e compreensão. Quando integrados com leitores de tela ou sistemas de sintetização de voz, os conteúdos audiodescritivos tornam-se acessíveis para usuários com deficiência visual, promovendo maior compreensão e engajamento com os conteúdos disponibilizados (OLIVEIRA; OKIMOTO, 2023).

Além disso, estudos apontam que o uso da audiodescrição contribui significativamente para o aumento da autonomia e da confiança de pessoas cegas na exploração de espaços físicos e virtuais (LE MOS; REIS, 2021). No contexto deste projeto, a adoção da audiodescrição como recurso complementar visa não apenas fornecer informações descritivas relevantes, como também contribuir para a construção de uma experiência de uso mais equitativa e inclusiva.

A literatura especializada destaca que o planejamento e a implementação da audiodescrição devem respeitar princípios éticos e técnicos, como fidelidade ao conteúdo original, clareza, concisão e neutralidade. Tais princípios são fundamentais para garantir que a descrição seja compreensível e útil para o público-alvo, evitando interpretações enviesadas ou informações irrelevantes (FRYER, 2022).

Portanto, ao incorporar a audiodescrição como parte da estrutura funcional do *chatbot* proposto, busca-se ampliar a acessibilidade das informações transmitidas em ambientes públicos, atendendo de forma mais eficaz às necessidades das pessoas com deficiência visual e fortalecendo os princípios do *Design Universal*.

2.3 Contribuições de Estudos Anteriores

Diversos estudos têm explorado soluções tecnológicas voltadas para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual, oferecendo *insights* valiosos e evidenciando lacunas que ainda precisam ser abordadas.

O projeto CardBot, desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, apresenta uma tecnologia educacional assistiva de baixo custo para inclusão de deficientes visuais na robótica educacional. Utilizando cartões geométricos e um aplicativo móvel, o sistema permite que alunos com deficiência visual programem robôs de forma acessível, superando barreiras relacionadas a softwares não adaptados e altos custos de hardware (COSTA et al., 2019).

Na área da saúde, uma dissertação analisou o *chatbot* ANA, um assistente virtual especializado em orientações sobre a COVID-19. O estudo identificou a necessidade de adaptação linguística e melhorias na usabilidade para atender usuários com deficiência visual, destacando a importância de linguagem acessível e compatibilidade com leitores de tela (NUNES, 2022).

No contexto internacional, o projeto DRAGON propôs um robô de navegação assistiva baseado em diálogo, capaz de guiar usuários com deficiência visual em ambientes internos. Através de linguagem natural e compreensão visual do ambiente, o sistema oferece informações semânticas e orientação, demonstrando eficácia em testes com participantes vendados (LEE et al., 2023).

Esses estudos evidenciam avanços significativos na criação de soluções assistivas para pessoas com deficiência visual. Entretanto, ainda existem desafios a serem superados, como a integração de tecnologias assistivas em plataformas amplamente utilizadas, como o *WhatsApp*, e a adaptação de interfaces conversacionais para garantir acessibilidade plena. Busca-se contribuir nesse sentido por meio do desenvolvimento de um *chatbot* acessível para o *WhatsApp*, compatível com leitores de tela e tecnologias assistivas, visando melhorar a experiência de usuários cegos ou com baixa visão em ambientes públicos.

Os estudos analisados nesta seção amparam a construção de um *chatbot* mais eficiente, centrado na experiência de deficientes visuais, reforçando a relevância do presente trabalho.

3 Metodologia e Desenvolvimento do Chatbot

3.1 Tipo e Abordagem da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter experimental. O objetivo central consiste em desenvolver e avaliar um sistema computacional acessível que auxilie pessoas cegas ou com baixa visão a se localizarem e obterem informações de forma autônoma dentro de ambientes públicos.

A proposta visa aliar fundamentos teóricos sobre acessibilidade digital a uma aplicação prática baseada em automação e inteligência artificial, de modo a contribuir para a inclusão tecnológica no contexto acadêmico. Para obtenção de melhores resultados, foi fundamental contar com a colaboração de um técnico em tecnologia assistiva vinculado ao Instituto dos Cegos de São José do Rio Preto, tanto na etapa de levantamento de requisitos quanto na validação conceitual da solução proposta.

3.2 Levantamento de Requisitos e Concepção da Solução

A concepção do projeto teve origem durante a disciplina de Engenharia de Software I no primeiro semestre de 2023. Naquela ocasião, os alunos foram desafiados a propor uma solução tecnológica voltada a alguma necessidade observada no campus universitário. Durante esse período, o autor deste trabalho encontrava-se em recuperação de uma lesão no tornozelo esquerdo, experiência que despertou uma reflexão mais profunda sobre acessibilidade e as dificuldades enfrentadas por pessoas com limitações físicas ou sensoriais em ambientes públicos.

A partir dessa vivência pessoal e do interesse pela temática da inclusão, o grupo de alunos desenvolveu um sistema voltado à acessibilidade de pessoas surdas, com foco em legendagem e tradução para Libras. Essa experiência serviu como base para amadurecer a compreensão acerca dos desafios enfrentados por diferentes públicos no acesso à informação e mobilidade.

Quando surgiu a oportunidade de definir o tema do Trabalho de Conclusão de Curso, a proposta evoluiu naturalmente para um foco direcionado às pessoas com deficiência visual, unindo o interesse em acessibilidade à experiência prévia com o desenvolvimento de *chatbots*. A professora orientadora, já envolvida em iniciativas com o Instituto dos Cegos de São José do Rio Preto, mediu o contato com o técnico em tecnologia assistiva da instituição, o que possibilitou o início de uma parceria fundamental para a pesquisa.

O primeiro contato para a etapa de levantamento de requisitos foi estabelecido por mensagem, na qual o autor apresentou-se ao técnico do Instituto como aluno do curso de

Ciência da Computação do IBILCE e expôs brevemente a proposta do projeto. O objetivo da visita inicial foi avaliar a relevância da ideia e compreender de que forma a ferramenta poderia atender de maneira efetiva às necessidades do público-alvo, estudantes cegos e de baixa visão, envolvendo dificuldades de localização e de acesso a informações sobre setores e serviços que uma universidade possui. Isso foi determinante para garantir que o desenvolvimento da solução permanecesse alinhado às reais demandas das pessoas com deficiência visual. O processo de comunicação com o Instituto dos Cegos também contribuiu para definir diretrizes práticas de acessibilidade, incluindo a escolha de uma interface de conversação textual e auditiva, comandos curtos e linguagem objetiva, compatível com leitores de tela.

A partir disso, no segundo encontro foram apresentados os casos de uso e o modelo conceitual proposto para a solução, demonstrando como o *chatbot* seria implementado por meio do *WhatsApp* - plataforma amplamente utilizada e compatível com leitores de tela, como o NVDA e o TalkBack.

Posteriormente, realizou-se um terceiro encontro, desta vez de forma virtual, com o objetivo de efetuar um pré-teste da solução. Essa etapa teve caráter exploratório e antecedeu os testes de usabilidade com o público-alvo principal. O intuito desse pré-teste foi verificar a estabilidade das integrações entre os componentes do *chatbot*, a coerência das respostas geradas e a adequação da interface conversacional. Dessa forma, foi possível realizar um filtro inicial de possíveis inconsistências e assegurar que o ambiente de testes estivesse devidamente preparado para a participação dos usuários finais.

A partir dessas discussões, foram definidos os principais requisitos funcionais e não funcionais da solução, conforme resumidamente listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos funcionais e não funcionais da solução proposta

Tipo	Descrição
Funcional	Permitir que o usuário envie mensagens de texto pelo <i>WhatsApp</i> para interagir com o <i>chatbot</i> .
	Responder automaticamente e de forma coerente às dúvidas sobre o campus, como localização de setores, horários e serviços disponíveis.
	Oferecer comandos curtos, diretos e adequados para leitores de tela.
	Armazenar e processar mensagens via um servidor intermediário, garantindo funcionamento contínuo.
Não Funcional	Identificar palavras-chave e direcionar o usuário ao conteúdo mais relevante.
	Ser totalmente compatível com tecnologias assistivas, como NVDA (<i>Windows</i>) e TalkBack (<i>Android</i>).
	Apresentar tempo médio de resposta inferior a 3 segundos em condições normais de rede.
	Utilizar linguagem acessível, com mensagens curtas e sem excesso de termos técnicos.
	Armazenar dados com segurança, respeitando a privacidade e a LGPD.
	Ser desenvolvido com arquitetura modular, permitindo expansão para outros ambientes públicos futuramente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Descrição da Tecnologia Utilizada

Para a implementação do *chatbot*, optou-se pela utilização integrada de diferentes tecnologias, cada uma desempenhando um papel específico na composição da solução. Essa combinação permitiu alcançar um sistema funcionalmente robusto, capaz de aliar automação de processos, inteligência artificial e recursos de acessibilidade, elementos fundamentais para garantir uma experiência eficiente e inclusiva aos usuários.

O sistema foi desenvolvido de forma modular e executado por meio de *containers*, utilizando a ferramenta *Docker*, o que garante isolamento, portabilidade e escalabilidade.¹ Essa

¹ *Containers* são ambientes virtuais leves que encapsulam uma aplicação e todas as suas dependências,

abordagem possibilitou a implantação e manutenção simplificada da aplicação, além de facilitar futuras expansões e testes em diferentes ambientes.

Na Tabela 2 são sintetizadas as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema, destacando suas funções e justificativas de uso dentro da arquitetura proposta.

Tabela 2 – Resumo das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema

Tecnologia	Função	Justificativa
n8n	Automação dos fluxos de conversa e integração entre APIs.	Plataforma <i>open-source</i> de automação visual que facilita a criação de lógicas de interação.
WAHA (WhatsApp HTTP API)	Comunicação entre o <i>chatbot</i> e usuários via <i>WhatsApp</i> .	Permite envio e recebimento de mensagens de forma acessível e compatível com leitores de tela.
Redis	Armazenamento em memória e gerenciamento de contexto conversacional.	Garante persistência temporária e melhora o desempenho na interação com o modelo de IA.
Gemini	Interpretação de linguagem natural e geração de respostas.	Modelo de IA generativa capaz de compreender e responder de forma contextualizada e coerente.
Docker	Containerização e execução isolada dos serviços.	Oferece isolamento, escalabilidade e facilidade de implantação em diferentes ambientes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Infraestrutura Local de Desenvolvimento

O ambiente de desenvolvimento foi configurado de forma local, utilizando o sistema Docker para execução de todos os serviços em *containers* independentes. Essa abordagem permite isolamento entre os componentes e facilita o processo de implantação em outros ambientes, como servidores institucionais.

A estrutura foi organizada da seguinte forma:

- n8n: container principal de automação, responsável pelos fluxos do *chatbot*;
- waha: container que conecta o sistema ao *WhatsApp* via API HTTP;

garantindo que ela seja executada de maneira consistente e isolada, independentemente do sistema operacional ou infraestrutura em que esteja implantada.

- `redis`: container de banco de dados em memória, utilizado como cache e armazenamento temporário;
- `gemini_connector`: integração com o modelo de IA para respostas inteligentes.

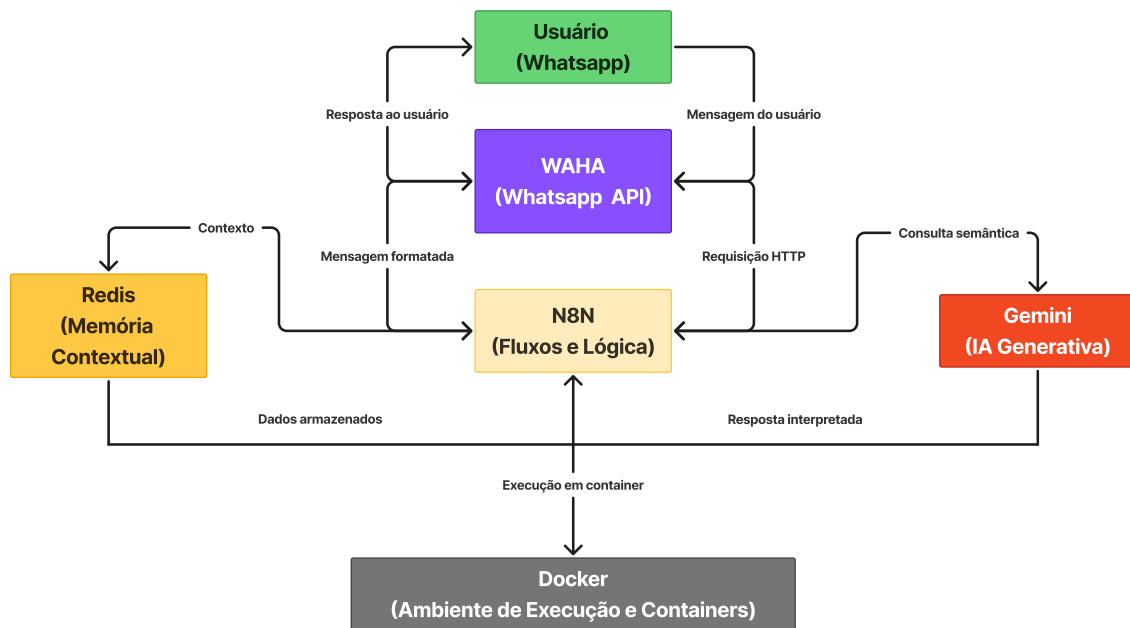
O desenvolvimento foi realizado em ambiente Windows 11, com o Docker Desktop como gerenciador de *containers* e a ferramenta Visual Studio Code para edição e controle de versão do código. Todos os serviços comunicam-se por meio de uma rede Docker interna, garantindo segurança e desempenho local.

3.5 Arquitetura do Sistema

A arquitetura proposta foi projetada de forma modular e distribuída, composta por diversos componentes que se comunicam por meio de APIs. Cada módulo executa uma função específica dentro de um container independente, permitindo fácil manutenção e escalabilidade.

Na Figura 1 é sintetizada a arquitetura geral do sistema, de forma a evidenciar o fluxo completo de comunicação entre seus componentes. O diagrama destaca como a interação se inicia no *WhatsApp*, passa pela *API WAHA* e é processada pelo *n8n*, que coordena tanto o acesso à memória contextual armazenada no *Redis* quanto as consultas semânticas realizadas ao modelo generativo *Gemini*. Também é ilustrado o papel do *Docker* como ambiente de execução dos serviços, garantindo isolamento, estabilidade e escalabilidade. Essa representação permite compreender, de maneira integrada, o percurso das mensagens, o papel de cada módulo e como as respostas são construídas e devolvidas ao usuário de forma acessível e eficiente.

Figura 1 – Arquitetura geral do sistema e fluxo de comunicação entre os componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para demonstrar o funcionamento do sistema, considera-se o seguinte exemplo de uso:

Um estudante com deficiência visual envia a mensagem *“Qual o horário de funcionamento da biblioteca?”* ao número do *chatbot* no *WhatsApp*.

Ao receber a mensagem:

1. O **WAHA** a encaminha automaticamente ao **n8n**;
2. O **n8n** identifica a intenção do usuário e repassa o conteúdo ao modelo **Gemini**;
3. O **Gemini** interpreta a requisição e retorna uma resposta semântica como: *“A biblioteca do IBILCE funciona de segunda a sexta-feira, das 8h às 22h.”*;
4. O **Redis** armazena o contexto da conversa, permitindo que o usuário faça perguntas subsequentes como *“E aos sábados?”*, preservando a coerência;
5. O **WAHA** envia a resposta final ao usuário via *WhatsApp*.

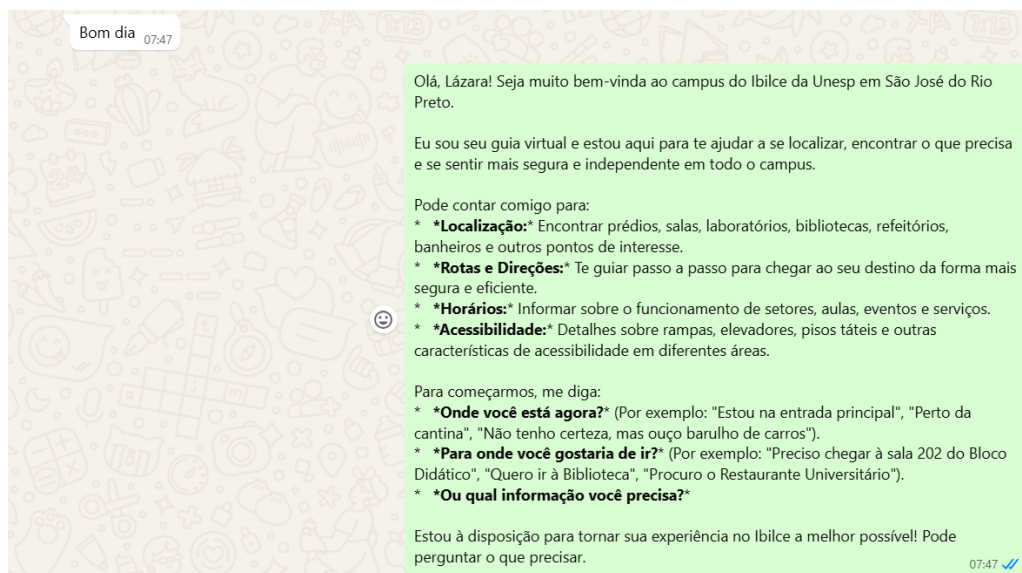
3.6 Apresentação da Solução

O *chatbot* desenvolvido foi denominado *Lume*, como forma de indicar uma solução que ilumina ou traz luz. Trata-se de uma solução implementada na plataforma *WhatsApp*, escolhida por ser amplamente utilizada por pessoas com deficiência visual e por apresentar total compatibilidade com leitores de tela, como NVDA e TalkBack.

O *chatbot* foi projetado para responder a perguntas relacionadas ao campus do IBILCE, fornecendo informações de forma acessível, organizada e rápida. As interações utilizam linguagem natural, permitindo que o usuário converse livremente com o sistema, sem a necessidade de comandos fixos. A interface conversacional foi planejada para ser clara, objetiva e coerente, com mensagens razoavelmente curtas e bem estruturadas, facilitando a leitura por sintetizadores de voz.

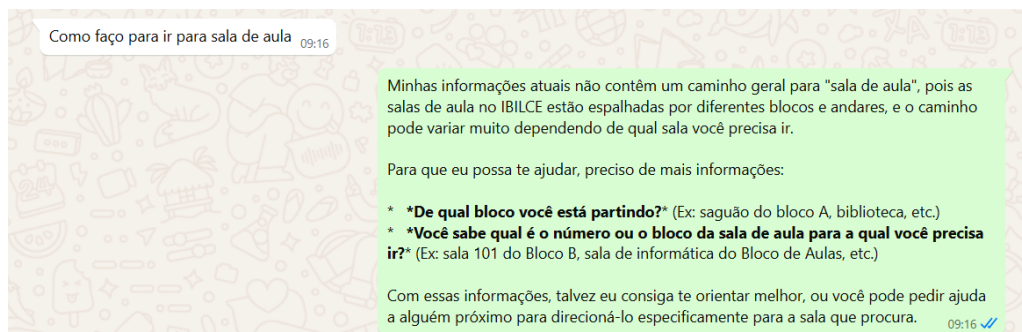
Na Figura 2 é mostrada uma das primeiras interações entre o usuário e o *Lume*. Nela, a ferramenta inicia a conversa com uma saudação e solicita mais detalhes para compreender melhor a necessidade do interlocutor. Essa etapa inicial foi planejada para tornar o atendimento mais preciso e natural, conduzindo o diálogo por meio de perguntas simples e exemplos que ajudam o usuário a formular sua solicitação.

Figura 2 – Saudação inicial e pedido de esclarecimento de contexto.

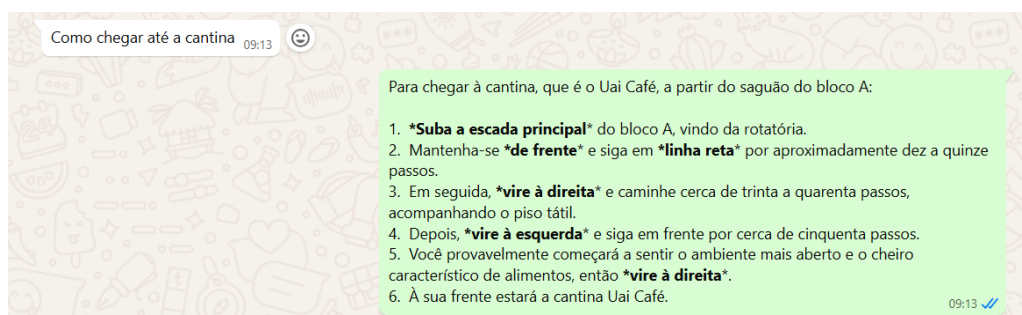


Na Figura 3, observa-se uma resposta a uma dúvida comum entre os usuários, relacionada à localização das salas de aula do campus. O *chatbot* explica que não existe um caminho único para "sala de aula", já que elas estão distribuídas entre diferentes blocos e andares. Por esse motivo, o sistema solicita informações complementares, como o ponto de partida e o destino desejado. Essa interação demonstra o cuidado do sistema em oferecer orientações personalizadas, promovendo autonomia e garantindo que a comunicação seja clara e acessível.

Figura 3 – Orientação contextualizada para localização de salas de aula.

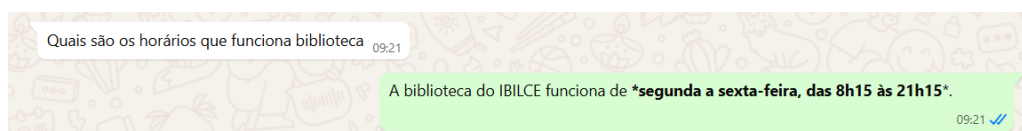


Na Figura 4, tem-se um exemplo de orientação espacial detalhada. Nesse caso, o *chatbot* descreve o caminho até a cantina Uai Café, partindo do saguão do Bloco A. As instruções são apresentadas em passos numerados e utilizam expressões de ação, como “suba a escada principal” e “vire à direita”. Essa estrutura foi elaborada para facilitar o acompanhamento por leitores de tela, permitindo que o usuário siga o percurso de maneira intuitiva e organizada.

Figura 4 – Exemplo de orientação espacial detalhada fornecida pelo *chatbot*.

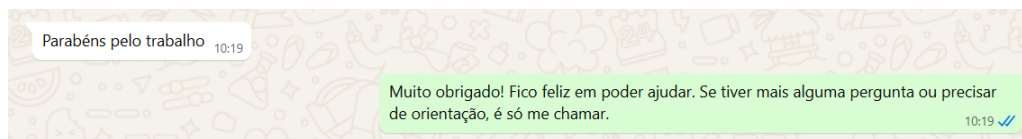
Na Figura 5 é mostrada uma consulta informativa simples, na qual o *Lume* responde sobre o horário de funcionamento da biblioteca do IBILCE. A resposta utiliza negrito para destacar dias e horários, facilitando a percepção da informação quando lida por sintetizadores de voz. Esse formato foi adotado para perguntas recorrentes sobre serviços, setores e horários do campus.

Figura 5 – Resposta sobre o horário de funcionamento da biblioteca.



Por fim, na Figura 6 é sintetizada uma mensagem espontânea de encerramento, na qual o usuário elogia o trabalho realizado. O *chatbot* responde de forma cordial e acolhedora, reforçando a intenção de criar uma experiência amigável e positiva. Essa postura empática contribui para aproximar o usuário da ferramenta e fortalece a confiança na solução proposta.

Figura 6 – Encerramento da interação com mensagem de agradecimento.



As interações apresentadas demonstram o funcionamento real do *Lume* e evidenciam sua capacidade de compreender solicitações variadas, adaptar-se a diferentes contextos e oferecer respostas claras, úteis e rápidas ao público com deficiência visual. O uso do *WhatsApp* como canal de comunicação mostrou-se uma escolha eficiente, unindo acessibilidade, familiaridade e praticidade, fatores essenciais para garantir a aceitação e o sucesso da ferramenta entre os usuários.

4 Avaliação do Projeto

4.1 Contextualização e Objetivos da Etapa

Este capítulo descreve o processo de avaliação da solução tecnológica proposta, detalhando as etapas de contato com os participantes, a coleta de dados e a análise dos resultados obtidos. O principal objetivo dessa fase foi avaliar a viabilidade e a eficácia do *Lume*, um *chatbot* desenvolvido para apoiar pessoas com deficiência visual na orientação e obtenção de informações em ambientes públicos, tomando como estudo de caso o campus do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE) da UNESP.

Este processo teve como propósito compreender, de forma prática, a experiência de pessoas cegas e com baixa visão na interação com uma tecnologia assistiva. Foram avaliados aspectos como usabilidade, acessibilidade e percepção de utilidade da ferramenta, de modo a verificar o grau de aderência da solução às necessidades reais do público-alvo. Além disso, a etapa buscou reunir contribuições qualitativas para orientar aprimoramentos futuros e reforçar a relevância social do projeto.

4.2 Instrumentos de Coleta e Análise

Para a coleta e análise dos dados foram utilizados dois instrumentos principais:

- **Questionário de Perfil do Participante (Apêndice A)** — visa caracterizar a amostra e compreender o contexto de uso de tecnologias assistivas e de comunicação, identificando aspectos como grau de deficiência visual, familiaridade com leitores de tela e experiência prévia com *chatbots*.
- **Questionário de Avaliação do Lume (Apêndice A)** — composto por dez questões estruturadas em **Escala de Concordância Likert de 5 pontos** (1 = Discordo totalmente; 5 = Concordo totalmente), além de três questões abertas e opcionais. O questionário buscou mensurar a percepção dos participantes quanto à facilidade de uso, clareza das mensagens, compatibilidade com tecnologias assistivas, tempo de resposta, confiança no uso e grau geral de acessibilidade do sistema. As questões abertas permitiram que os participantes expressassem, de forma qualitativa, suas opiniões sobre pontos positivos, limitações e sugestões de melhoria.

Os dados obtidos nesta etapa foram analisados de forma descritiva e qualitativa, considerando que a amostra foi composta por quatro participantes. As respostas foram examinadas

individualmente e comparadas entre si, buscando identificar impressões compartilhadas, percepções recorrentes e observações relevantes feitas pelos usuários. Embora algumas contagens simples tenham sido utilizadas para ilustrar convergências de opinião, não foram aplicadas técnicas estatísticas formais, por não serem adequadas ao tamanho do grupo. O foco principal da análise concentrou-se na interpretação das falas, dos comentários e das justificativas apresentadas pelos participantes, valorizando a profundidade das contribuições qualitativas fornecidas.

4.3 Perfil dos Participantes

Participaram da pesquisa quatro pessoas com deficiência visual, todas com cegueira total e deficiência congênita. Todos os participantes eram alunos do Instituto dos Cegos de São José do Rio Preto, apresentando idades entre 24 e 49 anos. O grupo era composto de forma equilibrada quanto ao gênero, com dois participantes que se identificaram como femininos e dois como masculinos.

A escolaridade também apresentou diversidade: dois participantes concluíram o ensino médio, enquanto dois possuíam formação superior (completa ou em andamento). Todos utilizavam leitores de tela como principal tecnologia assistiva, demonstrando familiaridade com recursos digitais acessíveis. Além disso, relataram uso diário do aplicativo *WhatsApp* e já haviam tido contato prévio com assistentes virtuais, o que contribuiu para uma interação mais fluida e natural com o *chatbot* desenvolvido.

Na Tabela 3, tem-se uma síntese qualitativa das principais características do grupo.

Tabela 3 – Síntese do perfil dos participantes da pesquisa

Aspecto analisado	Descrição geral do grupo
Grau e origem da deficiência	Todos os participantes apresentavam cegueira total, adquirida de forma congênita.
Idade	O grupo incluía adultos jovens e de meia-idade, com idades entre 24 e 49 anos.
Gênero	Houve equilíbrio entre participantes do gênero feminino e masculino.
Escolaridade	O grupo foi composto tanto por pessoas com ensino médio completo quanto por participantes com ensino superior em andamento ou concluído.
Tecnologias assistivas utilizadas	Todos utilizavam leitores de tela como tecnologia principal de navegação digital.
Uso de <i>WhatsApp</i>	O uso diário da plataforma foi mencionado por todos, reforçando a familiaridade com o canal escolhido para o <i>chatbot</i> .
Experiência prévia com <i>chatbots</i>	Todos já haviam interagido anteriormente com assistentes virtuais, favorecendo a adaptação ao sistema proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Discussão dos Resultados

A análise qualitativa das respostas evidenciou uma avaliação amplamente positiva do *Lume - Ajudante de Acessibilidade*. Os participantes relataram que o sistema respondeu de maneira clara, rápida e coerente às solicitações, transmitindo segurança e facilitando a orientação espacial no campus. A comunicação em linguagem simples e objetiva foi destacada como um elemento essencial para o conforto durante o uso.

Entre as percepções mais recorrentes, os participantes ressaltaram a facilidade de navegação, a clareza das instruções fornecidas e a praticidade do uso via *WhatsApp*, plataforma que já fazia parte de seu cotidiano. Também demonstraram entusiasmo quanto à possibilidade de aplicação da solução em outros ambientes públicos, como unidades de saúde, rodoviárias e centros de atendimento, indicando que o sistema possui potencial de uso além do campus universitário.

As contribuições qualitativas incluíram elogios ao caráter inclusivo da ferramenta e à atenção dedicada à acessibilidade desde sua concepção. As sugestões de melhoria foram pontuais e concentraram-se, principalmente, na integração com recursos físicos de acessibilidade, como pisos táteis. É importante destacar que esse tipo de integração não depende de alterações

na solução desenvolvida, mas sim das condições estruturais do ambiente público onde o sistema será utilizado. Em outras palavras, para que o *Chatbot* possa ser plenamente aproveitado, é necessário que o local ofereça uma infraestrutura acessível que complemente as orientações fornecidas pelo *chatbot*.

De modo geral, a análise revelou que o *Lume - Ajudante de Acessibilidade* atendeu às expectativas dos participantes e se mostrou uma solução promissora para apoiar a autonomia de pessoas com deficiência visual em contextos reais.

A fim de complementar a análise qualitativa apresentada nesta seção, na Tabela 4 são reunidos trechos literais das respostas fornecidas pelos participantes. Esses excertos ilustram de forma direta as percepções mais recorrentes, evidenciando tanto os aspectos positivos identificados durante o uso do *Lume* quanto as observações relacionadas à necessidade de infraestrutura física acessível para potencializar a experiência oferecida pela solução.

Tabela 4 – Trechos representativos das falas dos participantes na avaliação do *Lume*

Categoria	Trecho literal do participante
Facilidade de uso	“a facilidade para se localizar em ambientes maiores e aberto.” (Participante 1)
Utilidade e propósito da ferramenta	“Me agradou pelo propósito de uma ferramenta de auxílio para o deficiente visual [...] fica fácil de procurar se melhor se localizar nos ambientes.” (Participante 3)
Clareza e navegação	“a facilidade de usá-lo ter mais informações.” (Participante 4)
Percepção geral e elogios	“Parabéns! Muito interessante essa ferramenta, e com certeza seria muito bom ter em outros espaços públicos.” (Participante 1)
Sugestões sobre acessibilidade física	“Ter um piso tátil para se localizar junto com o aplicativo em funcionamento.” (Participante 1)
Integração entre acessibilidade digital e física	“[...] tem que também contar com a acessibilidade como piso tátil [...] para que o aplicativo consiga ter uma melhor eficácia nos trajetos [...] o aplicativo está avançando conforme o piso tátil avance em locais públicos.” (Participante 3)
Comentário adicional positivo	“Parabéns pelo seu trabalho, deveria ter em vários lugares.” (Participante 2)

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nas respostas dos participantes.

5 Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso permitiu compreender, na prática, o impacto que uma solução tecnológica pode exercer na promoção da acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência visual no ambiente acadêmico. A proposta do *chatbot* acessível via *WhatsApp* mostrou-se uma iniciativa viável, útil e alinhada às necessidades reais do público-alvo, evidenciando como a tecnologia pode atuar como ponte entre a informação e a autonomia do usuário.

Durante o processo de testes e validação, observou-se que os participantes com deficiência visual reagiram de forma extremamente positiva à solução. Eles destacaram a facilidade de uso, a clareza nas respostas e o caráter acessível da ferramenta, que utiliza um aplicativo já familiar a esse público. O *chatbot* foi percebido como um instrumento que realmente auxilia na vivência cotidiana dentro do campus, possibilitando acesso rápido e autônomo a informações que antes dependiam da intermediação de terceiros. De forma geral, a recepção foi marcada por entusiasmo e por avaliações que reforçam a relevância do projeto no contexto da acessibilidade digital.

Entretanto, a partir das interações com os usuários e das observações feitas durante os testes de usabilidade, tornou-se evidente um aspecto essencial: por mais eficiente e inclusiva que seja uma solução tecnológica, ela não substitui a necessidade da acessibilidade física. No caso específico do campus do IBILCE, foi constatada a ausência de elementos fundamentais, como rampas, sinalizações táteis e, especialmente, o piso tátil. Segundo os participantes, esse tipo de estrutura é o que efetivamente orienta seus deslocamentos, funcionando como verdadeiras “estradas” que permitem compreender o espaço físico de forma concreta e segura.

Os participantes relataram que, caso o *chatbot* pudesse ser utilizado em conjunto com uma infraestrutura acessível, com rampas e piso tátil devidamente implementados, a experiência seria “uma mão na roda”, expressão utilizada por um dos entrevistados para indicar o quanto a navegação e a locomoção se tornariam mais fáceis, independentes e naturais. Essa percepção reforça a compreensão de que a inclusão plena depende da união entre o meio digital e o meio físico, em um esforço integrado de acessibilidade universal.

Outro ponto digno de destaque foi o uso do *Google Forms* como instrumento de coleta de dados. O formulário foi desenvolvido com atenção à acessibilidade digital e obteve excelente retorno entre os participantes, que elogiaram o cuidado em criar uma ferramenta compatível com leitores de tela. Esse resultado demonstra que, quando há planejamento e sensibilidade na escolha das ferramentas, é possível conduzir processos de pesquisa inclusivos, nos quais todos os participantes têm condições reais de expressar suas percepções e contribuições.

Em síntese, o trabalho alcançou seus objetivos ao propor e avaliar uma solução

tecnológica que efetivamente contribui para a acessibilidade informacional de pessoas com deficiência visual. O *chatbot* acessível via *WhatsApp* mostrou-se uma ferramenta promissora, de aplicação prática e socialmente relevante, ao passo que as observações coletadas durante os testes reforçaram a importância de um olhar sistêmico sobre a acessibilidade. Conclui-se que o futuro da inclusão passa pela integração entre tecnologia assistiva e infraestrutura física acessível, garantindo que a inovação digital caminhe lado a lado com as transformações estruturais necessárias para a verdadeira autonomia e igualdade de condições dentro do espaço acadêmico e na sociedade como um todo.

Referências

- ADAM, M.; WESSEL, M.; BENLIAN, A. Chatbot acceptance in healthcare: Explaining user adoption of conversational agents for disease diagnosis. *Journal of Medical Internet Research*, v. 23, n. 10, p. e25883, 2021.
- ARAÚJO, A. F.; SILVA, R.; CARVALHO, T. Reconhecimento facial e acessibilidade: Limitações de uso por pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Tecnologias Inclusivas*, v. 9, n. 2, p. 88–102, 2021.
- BARBOSA, C. V. T. *Chatbots e acessibilidade: uma investigação sobre a acessibilidade dos assistentes virtuais com enfoque em pessoas com deficiência visual*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufpe.br>>.
- BRANDTZAEG, P. B.; FØLSTAD, A. Why people use chatbots. In: *Proceedings of the International Conference on Internet Science*. Thessaloniki: Springer, 2017. p. 377–392.
- COSTA, C. A. da et al. Cardbot: tecnologia educacional assistiva de baixo custo para inclusão de deficientes visuais na robótica educacional. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Brasília: SBC, 2019. p. 850–859.
- FRYER, L. *Introduction to Audio Description: A Practical Guide*. 2. ed. New York: Routledge, 2022.
- HORTON, S.; QUESENBERRY, W. *Accessibility for Everyone*. 2. ed. [S.l.]: Rosenfeld Media, 2021.
- LEE, J. et al. Dragon: A dialogue-based robot for assistive navigation in indoor environments. In: *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. Detroit: IEEE, 2023. p. 1–8.
- LEMOES, A.; REIS, B. Acessibilidade e design universal: fundamentos para uma cultura de inclusão digital. *Cadernos de Acessibilidade*, v. 2, n. 1, p. 34–50, 2021.
- LOPES, M. T.; LIMA, F. C. Interfaces digitais inclusivas: Desafios e perspectivas para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual. *Cadernos de Informática*, v. 18, n. 2, p. 45–60, 2020.
- NUNES, J. M. A. *Chatbot ANA: estudo sobre a usabilidade de um agente conversacional voltado ao enfrentamento da COVID-19 sob a perspectiva da acessibilidade digital*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.
- OLIVEIRA, R. D.; OKIMOTO, M. L. L. R. The experience of people with visual impairments with web chatbots. In: *Proceedings of the Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC)*. Belo Horizonte: ACM, 2023. p. 1–11.
- OLIVEIRA, R. D. d. *Recomendações de acessibilidade e usabilidade para Chatbots web: inclusão do usuário cego*. 162 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

Organização das Nações Unidas. *Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e Protocolo Facultativo*. 2006. Acesso em: 28 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>>.

PEREIRA, A.; ALMEIDA, T.; NASCIMENTO, A. Acessibilidade digital em serviços públicos: um estudo sobre a inclusão de pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Administração Pública*, v. 56, n. 4, p. 1–18, 2022.

PEREIRA, J. G.; SOUSA, D. G. Uso do whatsapp por pessoas com deficiência visual: acessibilidade e inclusão digital. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 26, n. 3, p. 411–428, 2020.

REBOUÇAS, L. C.; ANDRADE, M. M. Tecnologias acessíveis e cidadania digital: experiências de inclusão em espaços públicos. *Revista Inclusão e Cidadania*, v. 6, n. 2, p. 75–90, 2022.

SILVA, A. C. d.; LIMA, M. C. d.; NASCIMENTO, M. C. d. Tecnologia assistiva e baixa visão: apps e recursos utilizados por pessoas com deficiência visual. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 32, p. e3250, 2024.

SILVA, J. et al. Tecnologia assistiva e inclusão digital: Potencialidades dos chatbots no atendimento a pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, n. 1, p. 245–265, 2020.

W3C. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. 2023. Acesso em: 28 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>>.

APÊNDICE A – Questionário Aplicado aos Participantes

O instrumento de coleta de dados utilizado nesta pesquisa foi um questionário desenvolvido no *Google Forms*, plataforma reconhecida pela boa compatibilidade com leitores de tela, o que possibilitou que os participantes respondessem às perguntas com autonomia, conforto e independência. O uso dessa ferramenta também garantiu a anonimidade das respostas, permitindo que cada participante expressasse suas percepções de forma sincera e transparente.

O questionário foi dividido em três partes principais, apresentadas a seguir, permitindo integrar dados quantitativos e qualitativos, oferecendo uma visão abrangente da experiência dos participantes.

1. Perfil dos Participantes

Esta seção reuniu informações fundamentais para contextualizar o público envolvido na pesquisa. Foram coletados:

- **Dados pessoais:** idade, gênero e escolaridade.
- **Condição visual:** grau da deficiência e momento de aquisição.
- **Tecnologias assistivas utilizadas:** predominantemente leitores de tela.
- **Frequência de uso do *WhatsApp*:** todos relataram uso diário.
- **Experiência prévia com *chatbots*:** todos os participantes já haviam utilizado assistentes virtuais.

Essas informações permitiram compreender a trajetória tecnológica dos respondentes e sua familiaridade com ferramentas digitais acessíveis.

2. Avaliação do *Lume – Ajudante de Acessibilidade*

A segunda parte concentrou-se na avaliação da solução proposta. Para isso, utilizou-se uma série de afirmações estruturadas em Escala Likert de 1 a 5, em que:

1 = discordo totalmente | 5 = concordo totalmente

Para todos os itens avaliados, listados a seguir, foi adotada a mesma estrutura/escala Likert:

- facilidade para iniciar e utilizar o *chatbot*;
- clareza e compreensão das mensagens;
- compatibilidade com leitores de tela;
- rapidez e coerência das respostas;
- auxílio na navegação pelo campus;
- utilidade das instruções fornecidas;
- confiança transmitida durante o uso;
- adequação da acessibilidade geral;
- facilidade de uso do sistema;
- intenção de utilizá-lo em outros ambientes públicos.

3. Questões Abertas

Ao final do formulário, três perguntas abertas permitiram coletar percepções qualitativas acerca da experiência com o *Lume*. Elas abordaram:

- aspectos mais apreciados;
- sugestões de melhoria;
- comentários adicionais.

Os participantes destacaram a clareza das instruções, a utilidade prática do sistema e a naturalidade da interação pelo *WhatsApp*. As sugestões concentraram-se, sobretudo, na falta de recursos físicos de acessibilidade no ambiente de uso, como pisos táteis, reforçando que a eficácia do sistema depende também das condições estruturais do local.