Diagramando para Todos os "Olhares": Acessibilidade Digital para Ensino e Prática de Diagrama Entidade-Relacionamento

Roberto M. R. Junior[1], **Claudia P. Pereira**[1,2]

[1]Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Caixa Postal 44036-900 – Feira de Santana – BA - Brasil

[2]Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCC)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) - Feira de Santana, BA - Brasil

romaia.uefs@gmailcom

claudiap@uefs.br

Abstract. *The article addresses the challenges faced by people with visual impairments in higher education, especially in fields such as computing, where courses with predominantly visual content, such as databases, present significant barriers. The work proposes the development of an inclusive web environment, Diagrama Além da Visão (DAV) ("Diagram Beyond Vision"), aimed at creating entity-relationship diagrams with a focus on accessibility for visually impaired users. The methodology involved qualitative research and development with data analysis using the System Usability Scale (SUS). As a result, participants praised the readability of the diagram elements and the ease of use, while also suggesting adjustments such as changes to accessibility shortcut keys and the ability to modify the speech rate of the integrated screen reader.*

Resumo. *O artigo aborda os desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual no ensino superior, especialmente em áreas como a computação, na qual disciplinas com conteúdos predominantemente visuais, como banco de dados, apresentam barreiras significativas. O trabalho propõe o desenvolvimento de um ambiente web inclusivo, o Diagrama Além da Visão (DAV), voltado para a criação de diagramas entidade-relacionamento, com foco em acessibilidade para pessoas com deficiência visual. A metodologia seguida envolveu pesquisa qualitativa e desenvolvimento com análise de dados utilizando o System Usability Scale (SUS). Como resultado, os participantes elogiaram a leitura dos elementos do diagrama e a facilidade de uso, além de sugerirem ajustes como mudanças nas teclas de acessibilidade e possibilidade de alterar a velocidade da fala do leitor integrado.*

1. Introdução

A deficiência visual afeta milhões globalmente, representando um desafio para inclusão, especialmente na educação. Em 2019, a OMS estimou 2,2 bilhões de pessoas com algum grau de deficiência visual [OMS 2021]. No Brasil, cerca de 3,1% da população, ou 6,5 milhões de pessoas, enfrentam desafios visuais segundo a PNAD Contínua 2022 [IBGE 2023]. A Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) define deficiência como alteração na função ou estrutura do corpo, sendo a deficiência visual um comprometimento do sistema visual [OMS 2021].

Estudantes com deficiência visual (EDV) em áreas tecnológicas enfrentam barreiras significativas, pois disciplinas como bancos de dados dependem fortemente de linguagem visual, o que pode gerar desigualdade no acesso ao currículo e mercado de trabalho. Dentre outras estratégias de incluí-los, uma possibilidade é a criação de sistemas digitais acessíveis e pensados especialmente para essas pessoas.

No sentido de superar e/ou minimizar esses desafios, este artigo apresenta o ambiente web inclusivo "Diagrama Além da Visão", que utiliza recursos de Tecnologia Assistiva (TA) para facilitar o ensino e a criação de diagramas entidade-relacionamento (DER). O sistema é inspirado no "DER-Acessível" [Paixão e Pereira 2018], aprimorando-o com síntese de voz mais natural, personalização e construção dinâmica do diagrama, seguindo as diretrizes WCAG [W3C 2023]. O *feedback* obtido durante os testes evidencia a relevância desse sistema para estudantes com deficiência visual, sendo o único ambiente disponível, encontrado nas buscas realizadas, que oferece síntese de voz integrada, recurso fundamental para pessoas com graus mais elevados de deficiência visual. O DAV oferece uma experiência acessível e inclusiva por meio de sua interface intuitiva, navegação eficiente via teclado, construção dinâmica dos diagramas na mesma tela de inserção de dados e personalização da síntese de voz conforme as preferências do usuário. O sistema também permite a leitura parcial ou completa do diagrama, possibilitando que o usuário ouça as características das entidades, relacionamentos ou de todo o diagrama.

Este trabalho está organizado em quatro seções, além da Seção I de introdução. A Seção II apresenta os fundamentos teóricos, enquanto a Seção III descreve a metodologia adotada, baseada no modelo de Sommerville [Sommerville 2019]. A Seção IV detalha os resultados, incluindo requisitos, modelo de dados, protótipos e validação. Por fim, a Seção V discute as conclusões, os aprendizados obtidos e possibilidades futuras.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, aborda-se o impacto da deficiência visual na vida diária e na educação em Computação, destacando os desafios enfrentados por estudantes devido à falta de acessibilidade em ferramentas essenciais. Também discute-se a importância das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e dos recursos de tecnologia assistiva no ensino e na aprendizagem. Ademais, explora-se a relevância do ensino de banco de dados e apresentam-se ferramentas similares ao DAV, destacando seus diferenciais.

2.1. Deficiência Visual

A CIF define "deficiência" como uma alteração na função ou estrutura corporal causada por condições de saúde; no caso da deficiência visual, isso compromete o sistema visual e suas funções associadas [OMS 2021]. A visão é o sentido mais dominante, essencial para interações sociais, desenvolvimento cognitivo, atividades diárias e participação no mercado de trabalho [OMS 2021].

A deficiência visual (DV) impacta a qualidade de vida, com efeitos como isolamento social, problemas de saúde mental e limitações econômicas, mesmo em casos leves a moderados [OMS 2021]. Apesar das legislações inclusivas, persistem desafios devido à falta de preparo técnico e pedagógico de educadores para atender às necessidades específicas dessas pessoas [Santos e Rodrigues 2022]. No contexto digital, a visão é crucial para a interação com recursos como leitura, localização de informações e conteúdo gráfico

em interfaces, sendo fundamental para a utilização de dispositivos como teclado, mouse e telas sensíveis ao toque [Rocha 2013].

No campo da computação, embora a democratização do ensino superior tenha ampliado a inclusão de estudantes com deficiência, barreiras físicas, pedagógicas, materiais e sociais ainda dificultam seu acesso e permanência nas Instituições de Ensino Superior (IES) [Silva e Pimentel 2022]. O ingresso de estudantes com deficiência visual em cursos de Computação depende do contato prévio com tecnologias, mas a predominância de representações visuais em disciplinas como banco de dados e programação, aliada à baixa acessibilidade das plataformas e à complexidade dos softwares, resulta em baixa taxa de conclusão desses cursos [Alves et al. 2022].

2.2. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e Tecnologias Assistivas

Com o avanço das tecnologias digitais, a integração TDICs no ensino se torna cada vez mais comum [Oliveira 2015, Silva 2024]. As TDICs englobam recursos tecnológicos que facilitam a automação e comunicação em diversos contextos educacionais. Embora muitas delas possuam propósitos educacionais, nem todas incorporam recursos de TA, como síntese de voz ou varredura automática. Contudo, existem TDICs desenvolvidas para garantir acessibilidade e inclusão, integrando recursos de TA para atender às necessidades de estudantes com diferentes habilidades, promovendo igualdade de oportunidades e participação plena.

A Tecnologia Assistiva é uma área multidisciplinar que engloba produtos, metodologias e serviços destinados a promover a funcionalidade, autonomia, qualidade de vida e inclusão social de pessoas com deficiências, incapacidades ou mobilidade reduzida [CAT 2007]. Sua concepção depende das necessidades individuais, abrangendo dificuldades comuns a várias condições, como mobilidade e escrita, bem como específicas, como as relacionadas à visão em pessoas com deficiência visual [Galvão Filho 2013]. Para pessoas com deficiência visual, destacam-se softwares leitores de tela, lupas eletrônicas, impressoras braille e dispositivos de reconhecimento de texto, que auxiliam em atividades diárias como identificação de cores e consulta de relógios [Bersch 2017].

2.3. Ensino de Banco de Dados em Computação

Na Ciência da Computação, a gestão do conhecimento e o gerenciamento de dados são fundamentais para organizações inovadoras [Figueiredo e Pereira 2017] [Miedema et al. 2023], convergindo principalmente nos sistemas de bancos de dados, que são essenciais para armazenamento e gestão eficiente de dados [Shaq et al. 2023]. Disciplinas de bancos de dados formam a base para profissionais capacitados a implementar sistemas eficazes, abordando desde conceitos básicos até modelagem e sistemas distribuídos [Shaq et al. 2023].

No Brasil, o currículo da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) [SBC 2023] orienta a formação em computação, incluindo disciplinas como Estruturas de Dados e Bancos de Dados, com foco em modelagem, armazenamento e recuperação de dados. De forma semelhante, o *Computer Science Curricula* 2023 da ACM e IEEE-CS [ACM e IEEE CS 2023] serve como referência global, destacando bancos de dados na área de Sistemas de Informação e Ciência de Dados.

Entretanto, estudantes com deficiência visual (EDV) enfrentam desafios relevantes, como a falta de acessibilidade em sistemas operacionais, *Integrated Development Environment* (IDEs) e softwares de modelagem de bancos de dados, prejudicando sua inclusão e desempenho [Alves et al. 2022]. Estratégias como síntese de voz, navegação hierárquica e fluxos sequenciais são essenciais para tornar essas ferramentas mais acessíveis e intuitivas, melhorando a experiência dos EDV [Raufi et al. 2015].

2.4. Trabalhos Correlatos

O ConceptER, desenvolvido por [Pequeno e et al. 2020], é uma ferramenta *open source* que facilita o projeto de bancos de dados, permitindo a criação de modelos entidade-relacionamento e geração automática de scripts SQL. Apesar de útil, não há evidências de suporte a recursos de acessibilidade, limitando seu uso por pessoas com DV.

O brModelo [Mello et al. 2020], bastante utilizado no Brasil, suporta as etapas conceitual, lógica e física do projeto de bancos de dados e o modelo entidade-relacionamento estendido (EER). Porém, oferece recursos mínimos de acessibilidade, restringindo-se basicamente ao zoom na tela, insuficiente para usuários com DV.

O sistema web "DER-Acessível" [Paixão e Pereira 2018], principal inspiração para este trabalho, foi criado para facilitar o ensino de bancos de dados relacionais com acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Conta com interfaces gráficas e textuais, leitor de tela integrado e navegação otimizada por teclado. Contudo, enfrenta limitações como baixa visibilidade nos mecanismos de busca e uso de tecnologias desatualizadas, resultando em síntese de voz artificial e de baixa qualidade, evidenciando a necessidade de melhorias para atender ao objetivo do sistema proposto. O Quadro 1 apresenta uma comparação entre as ferramentas analisadas e esta proposta.

Quadro 1. Comparação das Ferramentas

Funcionalidade	ConceptER	BrModelo	DER-Acessível	DAV
Modelagem Conceitual	✓	✓	✓	✓
Síntese de Voz	×	×	✓	✓
Navegação por Teclado	×	×	✓	✓
Disponibilidade	×	✓	×	✓
Configuração da Síntese de Voz	×	×	×	✓
Leitura Detalhada do Diagrama	×	×	×	✓

Fonte: Próprio autor (2024).

ConceptER e brModelo oferecem modelagem conceitual e geração de *scripts* SQL, mas carecem de recursos de acessibilidade como síntese de voz e navegação por teclado. Em comparação ao DER-Acessível, o DAV apresenta melhorias técnicas importantes. Sua síntese de voz utiliza um motor mais moderno, gerando áudios mais naturais e fluídos. O DAV permite construir e exibir diagramas diretamente na mesma tela de inserção de dados, eliminando etapas extras e oferecendo uma visualização mais intuitiva e dinâmica, especialmente para usuários com deficiências visuais leves a moderadas. O sistema oferece também personalização da síntese de voz conforme as preferências do usuário, ouvir descrições detalhadas das entidades, relacionamentos ou do diagrama

completo, tanto de forma parcial quanto integral. A ferramenta está disponível [1] para uso público.

3. Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido ao longo de doze meses, submetido ao Comitê de Ética com CAAE: 82264224.7.0000.0053, garantindo a conformidade com as normas aplicáveis à realização de estudos envolvendo seres humanos. A abordagem metodológica adotada foi dividida em duas camadas principais: *pesquisa* e *desenvolvimento*. As etapas de pesquisa serviram como base para o desenvolvimento, enquanto as fases de desenvolvimento retroalimentaram a pesquisa. A pesquisa abrangeu levantamento bibliográfico, análise de interfaces, interação com participantes e testes de usabilidade, enquanto o desenvolvimento envolveu o projeto e implementação do *back-end* e *front-end*, disponibilização do sistema e validação (Figura 1).

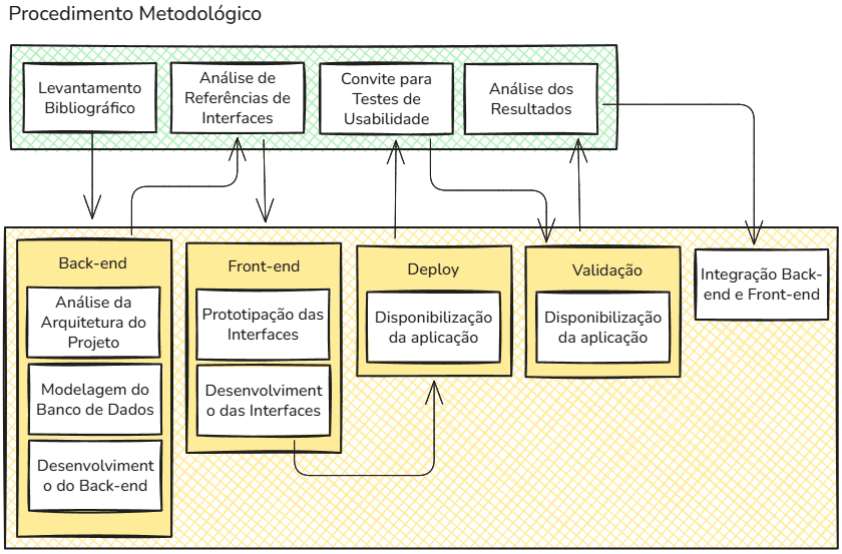


Figura 1. Procedimento metodológico

As etapas metodológicas alinharam-se às fases do desenvolvimento de software segundo Sommerville [Sommerville 2019]: especificação (levantamento e análise), prototipação (*front-end*), implementação e integração (modelagem do banco, *back-end* e conexão com o *front-end*), e validação (testes de usabilidade e análise dos resultados). As etapas de pesquisa serviram de base para o desenvolvimento, que, por sua vez, retroalimentou a pesquisa.

O projeto iniciou-se com um levantamento bibliográfico focado em acessibilidade e modelagem de bancos de dados para pessoas com deficiência visual, orientando a definição da arquitetura, tecnologias e componentes. A modelagem seguiu princípios reconhecidos [Sommerville 2019]. O *back-end* foi desenvolvido com *Node.js* [Node.js 2024], *Express* [Express.js 2024], *TypeORM* [TypeORM 2024] e *PostgreSQL* [PostgreSQL 2024], adotando práticas para garantir escalabilidade e manutenção.

[1] Link para acesso ao Diagrama Além da Visão.

Para garantir acessibilidade, foram analisadas interfaces com base no *Checklist de Acessibilidade Manual para Deficientes Visuais* [Brasil 2010] e testadas com o leitor de telas *NVDA* [NV Access 2024]. Protótipos focados em usabilidade e acessibilidade foram criados no *Figma* [Figma Inc. 2024], priorizando a navegação linear e cores de alto contraste. O *front-end* foi implementado com *Vue.js* [Vue.js 2024] e *Nuxt.js 3* [Nuxt.js 2024], incorporando navegação por teclado e síntese de voz para garantir uma experiência intuitiva e acessível.

A aplicação foi inicialmente hospedada na plataforma *Vercel* para testes isolados da interface, antes da integração completa do *back-end*. Para os testes de usabilidade, 22 profissionais da área de Computação com cegueira ou baixa visão foram convidados através de e-mails enviados aos colegiados de cursos da área de computação e *postagem* de convite no *linkedin*. Destes, 7 participaram efetivamente, todos usuários majoritariamente do leitor de tela NonVisual Desktop Access (*NVDA*).

Os testes seguiram um roteiro estruturado [2]., incluindo familiarização, perfil do usuário e aplicação do questionário *System Usability Scale* (*SUS*). Foi criado um grupo em uma rede social com os participantes da avaliação, para facilitar a comunicação, troca de experiências e os *feedbacks* informais, fundamentais para aprimorar a interface e a experiência do usuário. Com base nos *feedbacks*, iniciou-se a integração entre *back-end* e *front-end*, ajustando interfaces e funcionalidades para assegurar consistência, processamento em tempo real e armazenamento eficiente, proporcionando uma experiência fluida e responsiva.

4. Resultados

Esta seção apresenta os resultados do desenvolvimento do projeto, incluindo os requisitos funcionais do sistema, o modelo de dados, os protótipos das interfaces, o ambiente desenvolvido e os resultados dos testes de usabilidade realizados. Esses elementos demonstram como o projeto foi estruturado e avaliado para atender às necessidades identificadas, com foco na acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

4.1. Requisitos Funcionais

O sistema oferece interfaces interativas para a **criação, edição, exclusão e visualização** de diagramas entidade-relacionamento, com foco na acessibilidade, incluindo **navegação por teclado**, **retorno audível** e atalhos que facilitam a interação. O EDV também pode **personalizar a velocidade da síntese de voz** e ouvir a **leitura do diagrama de forma parcial ou completa, passando por entidades, relacionamentos e atributos**. Também é possível que o professor **acompanhe o progresso dos EDV** diretamente pela interface. Esses requisitos estão detalhados no link do zenodo.

4.2. Modelo de Dados

A modelagem de dados organiza o sistema com a entidade central "*Users*" (Usuários), que inclui atributos como nome, *e-mail* e senha, além de gerenciar informações sobre graus de deficiência visual para uma experiência personalizada. A entidade "*UserPreferences*" (Preferências do Usuário) armazena configurações de navegação, como ativação de descrição por áudio e velocidade de reprodução. A entidade "*Diagrams*" (Diagramas)

[2]Este e todo material suplementar encontra-se no Link para acesso ao Material Suplementar (zenodo)

armazena os diagramas criados, com metadados como datas de criação e atualização, e estabelece a relação entre "*Users*" e "*Diagrams*", conectando os usuários aos diagramas que criaram.

4.3. Protótipos e Navegação do Sistema

Os protótipos das interfaces foram desenvolvidos na plataforma *Figma*[3], baseados na análise de interfaces acessíveis e nos resultados da pesquisa, com foco em usabilidade e acessibilidade para usuários com deficiência visual. Durante a prototipação, definiram-se fluxos organizados para os menus visando uma navegação intuitiva. A Figura 2 apresenta o fluxo do menu principal, que abrange listagem, manipulação e criação de projetos, além da configuração da síntese de voz. A Figura 3 mostra o fluxo para criação e modificação dos componentes do DER, incluindo a leitura do diagrama. Detalhes completos estão no link do zenodo.

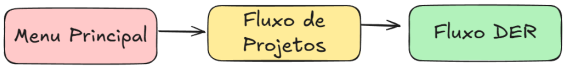


Figura 2. Fluxo resumido do Menu Principal.

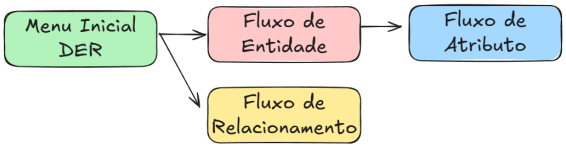


Figura 3. Fluxo resumido para criação de DER.

Considerando que a navegação por leitores de tela para usuários cegos é sequencial e depende da navegação por teclado devido à limitação no uso do mouse [Raufi et al. 2015], todos os formulários e menus foram projetados linearmente para garantir uma experiência acessível e intuitiva. As cores do sistema foram escolhidas segundo os critérios da WCAG [W3C 2023], priorizando contraste, e testadas com a ferramenta *Contrast Checker*.

4.4. Produto Final

O produto final foi desenvolvido fielmente aos protótipos e fluxos definidos. Todos os fluxos seguiram o formato estabelecido na prototipação, e as telas completas estão disponíveis no material suplementar (zenodo).

A navegação no DAV foi projetada para ser totalmente acessível via teclado, permitindo todas as interações sem uso do mouse. As teclas foram escolhidas por sua fácil localização e reconhecimento tátil, facilitando a navegação sem necessidade de olhar para o teclado ou tela. Usuários com deficiência visual geralmente já conhecem a posição dessas teclas, tornando a interação mais eficiente. As teclas CIMA e BAIXO possibilitam navegação sequencial, enquanto o TAB oferece transição fluida entre campos. A tecla F1, associada à ajuda, torna a assistência facilmente acessível. O Quadro 2 resume as teclas usadas no sistema.

[3]Link para acesso à prototipação

Todos os itens acessíveis fornecem retorno textual, garantindo *feedback* audível. Os elementos do DER possuem uma tecla de ajuda (F1) que oferece explicações conceituais sobre atributos, relacionamentos, cardinalidades e fundamentos de entidade, atributo e relacionamento, proporcionando uma experiência educativa especialmente para usuários iniciantes.

Quadro 2. Teclas de Navegação do Sistema.

Tecla	Descrição
CIMA/BAIXO	Movimenta entre as opções do menu.
TAB	Avança para a próxima opção disponível.
ENTER	Confirma a escolha selecionada.
ESC	Retorna ao menu anterior.
CTRL + HOME	Retorna diretamente ao menu principal.
CTRL + ALT	Acessa o menu de configuração da síntese de voz.
CTRL	Interrompe a leitura atual.
F1	Fornece explicações conceituais sobre elementos.

Fonte: Próprio autor (2024).

O componente de menu, acessível por teclado, serve como padrão para todas as etapas do fluxo, garantindo consistência na navegação e interação, e é usado nas listagens de entidades, atributos e relacionamentos. A Figura 4 mostra o menu principal com acesso à listagem de projetos e à configuração da síntese de voz, incluindo ajustes de velocidade e planos para futuras alterações de voz e idioma. A Figura 5 apresenta o menu inicial para criação de DER.

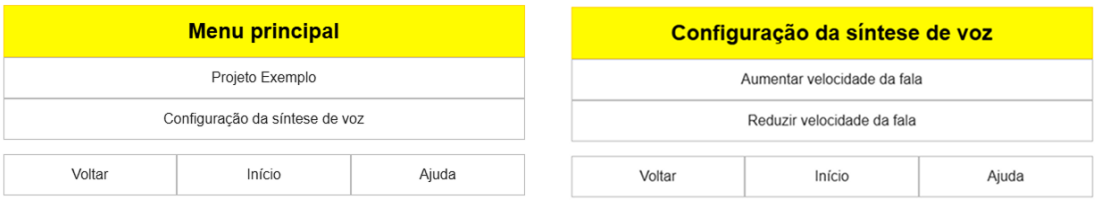


Figura 4. Menu Principal e Menu de Configuração da Síntese de Voz.

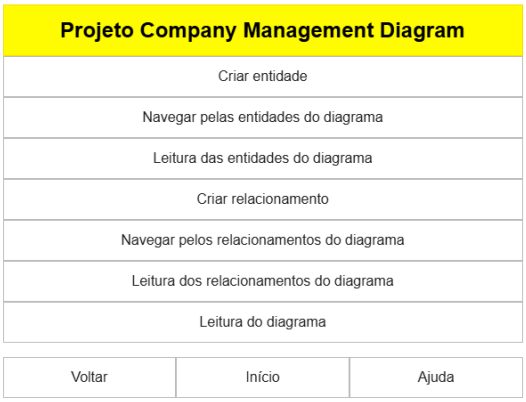


Figura 5. Menu de Criação de DER.

O componente “Área de Assistência do Professor” (Figura 6) está presente em toda a aplicação e exibe o *JavaScript Object Notation* (JSON) do diagrama (um formato de dados baseado em texto) e um histórico de leitura, auxiliando educadores no acompanhamento das ações dos EDV. Este componente não é acessível via teclado.

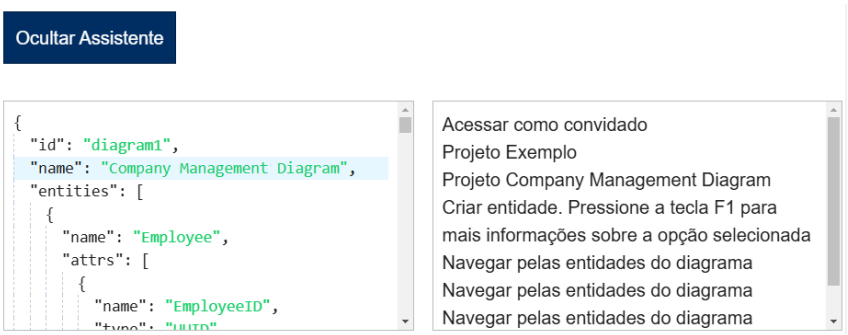


Figura 6. Área de Assistência do Professor.

O componente de exibição e manipulação do diagrama (Figura 7) permite interações visuais diretas, como o rearranjo de entidades e relacionamentos, oferecendo uma experiência intuitiva para usuários de mouse. Contudo, não é acessível via teclado, limitando seu uso para quem depende exclusivamente da navegação por teclado. Entretanto, a partir dos menus é possível ouvir a descrição de todas as camadas do diagrama, podendo ser a leitura do diagrama completo ou parcial, navegando por entidades e relacionamentos.

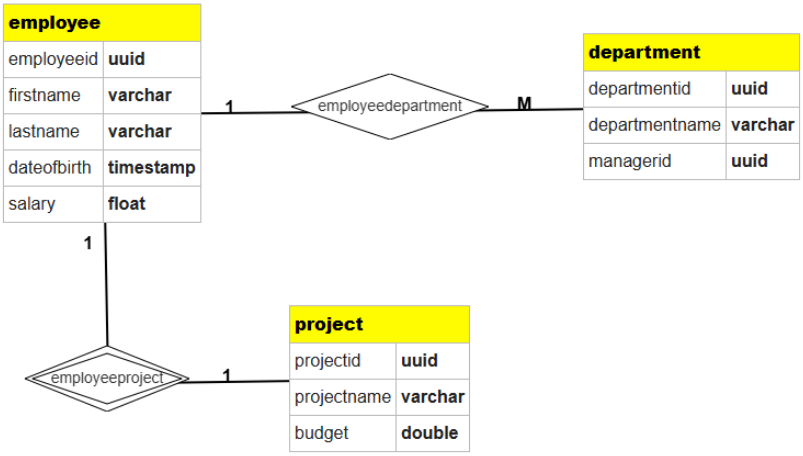


Figura 7. Componente de Exibição e Manipulação do Diagrama.

4.5. Validação com Usuários

O DAV foi testado por usuários, com foco em pessoas com maior proximidade à cegueira total. Foram convidados 22 participantes com deficiência visual, dos quais 8 aceitaram e 7 realizaram os testes. O perfil dos participantes foi coletado por meio de um formulário do *Google*, reunindo informações sobre área de atuação, idade, estado de residência, uso de leitores de tela e familiaridade com modelagem de bancos de dados e diagramas Entidade-Relacionamento. As questões, as respostas e o convite com roteiro estão disponíveis no zenodo.

Os sete participantes do estudo eram homens, com idades entre 25 e 44 anos, todos da área de Computação. Destes, cinco apresentavam cegueira total e dois tinham baixa visão profunda. Quatro haviam concluído seus cursos, enquanto três ainda estavam em formação. Todos utilizavam leitores de tela, sendo o NVDA o mais comum. Em relação à familiaridade com modelagem de bancos de dados e diagramas Entidade-Relacionamento, quatro participantes relataram ter afinidade, enquanto três indicaram pouca ou nenhuma experiência.

Os testes foram realizados com um roteiro, incluindo atividades de familiarização e testes livres. Após, os participantes responderam às questões do formulário SUS (Quadro 3), e os resultados estão na Figura 8.

Quadro 3. Questões do Formulário SUS

Facilidade de Uso e Navegação	
Q1	Eu acho que a navegação por teclado é intuitiva e eficiente.
Q2	Eu acho difícil navegar neste software utilizando apenas o teclado.
Q3	Eu imagino que as pessoas aprenderão a usar este sistema rapidamente.
Clareza e Compreensão	
Q4	Eu acho que as informações neste software são confusas ou mal organizadas.
Q5	Eu acho a leitura das informações clara e compreensível.
Personalização e Configurações	
Q6	Eu acho difícil personalizar as configurações para minhas necessidades visuais.
Q7	Eu acho que as configurações de áudio deste software são fáceis de ajustar.
Q8	Eu acredito que precisaria de ajuda para configurar o software de acordo com minhas necessidades visuais.
Projeto Focado na Acessibilidade	
Q9	Eu sinto que este software foi projetado pensando em usuários com deficiência visual.
Q10	Eu acho o sistema complexo para usuários com deficiência visual.

Fonte: Próprio autor (2024).

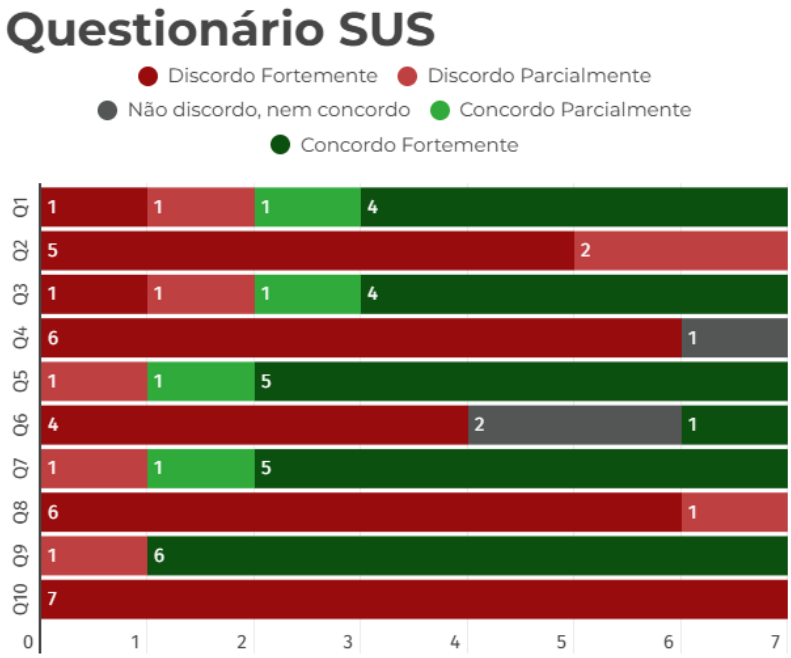


Figura 8. Resumo geral das respostas ao questionário SUS. Fonte: Próprio autor (2024).

Na Figura 8, os itens Q1 a Q10 correspondem às afirmações do questionário SUS. As afirmações ímpares avaliam aspectos positivos, e as pares, negativos. Para as ímpares, respostas como "concordo parcialmente" e "concordo totalmente" são positivas, enquanto para as pares são negativas. A análise revelou os seguintes resultados:

- **Q1 a Q3 (Facilidade de Uso e Navegação):** A maioria das respostas foi positiva, destacando a facilidade de navegação como ponto forte do DAV.
- **Q4 e Q5 (Clareza e Compreensão de Informações):** A maioria dos participantes indicou que a interface transmite informações de forma clara e acessível.
- **Q6 a Q8 (Personalização e Configurações):** Um participante teve dificuldades com a personalização das configurações, apontando uma área de melhoria para maior flexibilidade.
- **Q9 e Q10 (Propósito e Complexidade):** Ambas receberam respostas positivas, confirmando a adequação do sistema para inclusão e acessibilidade.

O Quadro 4 apresenta as pontuações SUS de cada participante, destacando a média geral. O participante P5 atribuiu uma pontuação significativamente inferior, sugerindo dificuldades na compreensão ou uso do formulário, possivelmente agravadas pelo fato de ter preenchido o questionário em um dispositivo móvel, resultando em respostas contraditórias.

Quadro 4. Pontuação SUS por Participante.

Participante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	**Média**
Pontuação SUS	100	92.5	90	95	57.7	75	90	**85.74**

Fonte: Próprio autor (2024).

De acordo com a pontuação SUS, a usabilidade do DAV foi classificada como "melhor imaginável" com uma pontuação de 85,74, indicando uma excelente avaliação. Essa pontuação reflete elogios em relação à facilidade de uso, qualidade na leitura dos elementos e explicações sobre o DER, sendo destacadas como pontos fortes pelos participantes.

Apesar dos elogios, algumas sugestões foram feitas, como a possibilidade de alterar a voz do leitor e ajustes nas teclas de acessibilidade, este último já atendido. Outras melhorias futuras incluem a troca de idioma e uma interface não sequencial para usuários com deficiência visual menos severa, proporcionando uma experiência mais fluída com formulários hierárquicos e fluxos em tela única. Os participantes também compartilharam comentários positivos sobre o sistema, destacando suas boas impressões e experiências com a aplicação.

> **P3**: "Comecei a usar agora a ferramenta de criação de banco de dados. Ela é bem facilzinha de usar [...] Eu queria que minha professora de modelagem visse essa ferramenta".
>
> **P1**: "Boa leitura do diagrama. Foi uma leitura incrível, destacando cada entidade e seus atributos, inclusive com paradas na fala nos momentos corretos".
>
> **P2**: "Eu definitivamente não esperava a facilidade para criar a relação de modelos e entidades de forma tão simples e intuitiva, especialmente com voz já pré-integrada".

Esses relatos reforçam o impacto positivo do projeto e evidenciam a relevância de sua aplicação para atender às necessidades específicas de usuários com deficiência visual.

5. Conclusão

Durante a pesquisa, foram identificados desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual, como a falta de acessibilidade e a complexidade das interfaces de modelagem de diagramas entidade-relacionamento. Com isso, identificou-se uma lacuna no desenvolvimento de um ambiente web inclusivo, utilizando Tecnologia Assistiva para facilitar o ensino de diagramas, atendendo tanto as pessoas com deficiência visual quanto aquelas sem. O foco principal foi direcionado a usuários com cegueira ou proximidade à cegueira.

Nesse sentido, o ambiente DAV foi desenvolvido para ser acessível, integrando recursos de Tecnologia Assistiva, como a síntese de áudio, e priorizando as necessidades dos usuários com deficiência visual. Além da síntese de voz integrada, a ferramenta oferece um ambiente de suporte para professores acompanharem melhor o desempenho dos alunos, por meio do diagrama criado, do JSON e do histórico de navegação. Isso possibilita que usuários sem deficiência visual também interajam efetivamente com os EDV. Entre as funcionalidades, a leitura do diagrama foi a mais elogiada pelos participantes, que destacaram as pausas adequadas, a construção de frases claras e simples, e a capacidade de transmitir uma visão geral do diagrama de forma eficaz.

Embora o DAV tenha recebido elogios, foram identificadas áreas de melhoria, como detalhado nos resultados, tais como a alteração da velocidade de fala do leitor e ajustes nas teclas de acessibilidade, ambas já realizadas. Futuras melhorias incluem troca de idioma e uma interface não sequencial para usuários com deficiência visual menos severa. Como trabalhos futuros, espera-se atender a estes pontos de melhoria sugeridos pelos participantes, assim como permitir que outros recursos de acessibilidade sejam adicionados, como, por exemplo, recursos voltados para as pessoas com deficiência auditiva.

Sobretudo, a ferramenta representa um importante recurso para o ensino, podendo ser utilizada em sala de aula por professores de banco de dados, alinhada às especificidades dos currículos da SBC e da ACM/IEEE-CS. Também permite que os estudantes a utilizem fora do ambiente escolar, individualmente ou em grupos formados por EDV e estudantes sem deficiência visual, favorecendo a colaboração e o apoio mútuo na construção e compreensão de diagramas.

6. Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Programa Interno de Auxílio Financeiro aos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu (AUXPPG) da UEFS e do Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) da CAPES.

Referências

ACM e IEEE CS (2023). Computer science curricula 2023. Technical report, Association for Computing Machinery and IEEE Computer Society. Disponível em: `https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3664191`. Acesso em: 15 nov. 2023.

Alves, L. F., Rocha, L., Pereira, C. P., Machado, I., Viana, W., e Junior, N. A. (2022). Estudantes com deficiência visual em computação: participação, perspectivas e desafios enfrentados. In *Anais do II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 67–

76. SBC. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/educomp/article/view/19200. Acesso em: 14 jan. 2024.

Bersch, R. (2017). Introdução à tecnologia assistiva. Disponível em: http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

Brasil (2010). Emag: checklist de acessibilidade digital. Disponível em: https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/acessibilidade-digital/material-de-apoio/emag-checklist-acessibilidade-dv.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

CAT (2007). Ata da reunião VII, dez. 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf. Acesso em: 29 set. 2023.

Express.js (2024). Express: Node.js web application framework. Disponível em: https://expressjs.com. Acesso em: 24 nov. 2024.

Figma Inc. (2024). Figma: collaborative interface design tool. Disponível em: https://www.figma.com. Acesso em: 24 nov. 2024.

Figueiredo, M. S. N. e Pereira, A. M. J. (2017). Managing knowledge: the importance of databases in the scientific production. *Procedia Manufacturing*, 12:166–173. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306108. Acesso em: 14 jan. 2024.

Galvão Filho, T. A. (2013). A construção do conceito de tecnologia assistiva: alguns novos interrogantes e desafios. *Revista entre ideias: educação, cultura e sociedade*, 2(1). Disponível em: http://www.galvaofilho.net/TA_desafios.pdf. Acesso em: 29 set. 2023.

IBGE (2023). Pessoas com deficiência visual no Brasil. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a16136dba23b9.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

Mello, R. S., Cândido, C. H., e Neto, M. B. S. (2020). Ferramenta brModelo: Quinze Anos! In *Companion Proceedings of the SBBD 2020*, page 65. Disponível em: https://sbbd.org.br/2020/wp-content/uploads/sites/13/2021/07/AnaisEstendidosSBBD2020-13-12-20.pdf#page=71. Acesso em: 28 ago. 2023.

Miedema, D., Taipalus, T., e Aivaloglou, E. (2023). Students' perceptions on engaging database domains and structures. In *Proceedings of SIGCSE 2023*, pages 122–128, New York, USA. Association for Computing Machinery. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/epdf/10.1145/3545945.3569727. Acesso em: 21 jan. 2024.

Node.js (2024). Node.js. Disponível em: https://nodejs.org. Acesso em: 24 nov. 2024.

Nuxt.js (2024). Nuxt.js: the intuitive web framework. Disponível em: https://nuxtjs.org. Acesso em: 24 nov. 2024.

NV Access (2024). Nvda: nonvisual desktop access. Disponível em: https://www.nvaccess.org. Acesso em: 24 nov. 2024.

Oliveira, J. R. (2015). *Tecnologias da informação e comunicação: teoria e prática*. Editora Senac São Paulo.

OMS (2021). *Relatório mundial sobre a visão*. Organização Mundial de Saúde. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/328717/9789241516570-por.pdf. Acesso em: 19 jan. 2023.

Paixão, R. S. S. e Pereira, C. P. (2018). Web application for model, share and conversion of entity-relationship diagrams for person visually impaired. In *Proceedings of CSEDU (1)*, pages 405–411. Disponível em: https://www.scitepress.org/papers/2018/67841/67841.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

Pequeno, P. V. O. e et al. (2020). ConceptER: uma ferramenta para criação e manutenção do modelo entidade-relacionamento e geração automática de instruções SQL para banco de dados. *Brazilian Journal of Development*, 6(7):49345–49354. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13631/11420. Acesso em: 28 ago. 2023.

PostgreSQL (2024). Postgresql: the world's most advanced open source relational database. Disponível em: https://www.postgresql.org. Acesso em: 24 nov. 2024.

Raufi, B., Bytyqi, M., Ismaili, F., e Limani, I. (2015). Methods and techniques of adaptive web accessibility for the blind and visually impaired. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195:1999–2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815036939. Acesso em: 20 out. 2024.

Rocha, J. A. P. (2013). (In) acessibilidade na web para pessoas com deficiência visual: um estudo de usuários à luz da cognição situada. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ECIC-9BFKDS. Acesso em: 14 jan. 2024.

Santos, J. C. A. S. e Rodrigues, K. F. (2022). Desafios e possibilidades dos alunos cegos na educação profissional e tecnológica. Disponível em: https://editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/79884. Acesso em: 14 jan. 2024.

SBC (2023). Referenciais de formação para o curso de bacharelado em ciência de dados. Technical report, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre. Disponível em: https://doi.org/10.5753/sbc.ref.2023.126. Acesso em: 21 jan. 2024.

Shaq, M., Abid, A., Farooq, M. S., e et al. (2023). Advances in database systems education: methods, tools, curricula, and way forward. *Education and Information Technologies*, 28:2681–2725. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10639-022-11293-0. Acesso em: 15 nov. 2023.

Silva, A. F. d. S. (2024). A transformação da educação pela integração das tics: Desafios, oportunidades e propostas pedagógicas inovadoras. *Ciências Humanas*, 28(137). Disponível em: https://revistaft.com.br/

a-transformacao-da-educacao-pela-integracao-das-tics-desafios-oportunidades-e-propostas-pedagogicas-inovadoras/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 23 nov. 2024.

Silva, J. e Pimentel, A. (2022). A inclusão no ensino superior: vivências de estudantes com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 28. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbee/a/s67gJtctqKBykNL64mZhwqC/. Acesso em: 14 jan. 2024.

Sommerville, I. (2019). *Engenharia de software*. Pearson Education, São Paulo, Brasil, 10 edition. Disponível em: https://archive.org/details/sommerville-engenharia-de-software-10e/page/254/mode/2up. Acesso em: 15 nov. 2023.

TypeORM (2024). Typeorm: an orm for typescript and javascript. Disponível em: https://typeorm.io. Acesso em: 24 nov. 2024.

Vue.js (2024). Vue.js: the progressive javascript framework. Disponível em: https://vuejs.org. Acesso em: 24 nov. 2024.

W3C (2023). Web content accessibility guidelines (wcag) 2.2. Disponível em: https://www.w3.org/TR/WCAG22/. Acesso em: 15 nov. 2023.