

Jogos Digitais e Inclusão: Uma Análise da Acessibilidade para Pessoas com Baixa Visão a partir do Dalton's Game

Digital Games and Inclusion: An Analysis of Accessibility for People with Low Vision Based on Dalton's Game

Diego Pereira Soares de Paulo¹, Jesse Nery Filho²

¹Licenciatura em Ciências da Computação, IF Baiano, Campus Senhor do Bonfim
Estrada da Igara, Zona Rural, Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil

diego.paulo2022@gmail.com, jesse.filho@ifbaiano.edu.br

Abstract. Introduction. This project investigates the promotion of inclusion for players with visual impairments in the digital games domain, using Dalton's Game as a case study to expand accessibility for low vision users. **Objective.** This research examines how to reduce interaction barriers that exclude this audience from educational and ludic contexts, grounded in the need to adapt digital artifacts to ensure user autonomy. **Methodology.** This work is characterized as an applied case study with a mixed-methods approach (qualitative and quantitative), structured in phases of literature review, prototyping, user testing, and post-application refinement. The technical implementation was carried out using the Unity engine, integrating assistive technologies such as the TalkBack screen reader and high-fidelity voice synthesis via Eleven Labs. Validation involved 10 participants, including students with low vision and specialists from the Specialized Educational Assistance (AEE) and the Center for Support of People with Specific Needs (NAPNE). **Results.** Quantitative results indicated high levels of satisfaction, with emphasis on the "Movement" dimension (4.88/5.0), while qualitative analysis guided critical improvements, such as the creation of an independent audio mixer, typographic standardization in uppercase, and enlargement of interface elements. It is concluded that collaborative design and multimodality are essential to overcome exclusion barriers, reaffirming the role of play as a tool for inclusion in educational environments.

Keywords: Accessibility, Digital Games, Low Vision, Assistive Technology.

Resumo. Introdução. Este projeto investiga a promoção da inclusão de jogadores com deficiência visual no universo dos jogos digitais, utilizando o jogo Dalton's Game como estudo de caso para a expansão da acessibilidade voltada à baixa visão. **Objetivo.** Esta pesquisa investiga como diminuir as barreiras de interação que excluem esse público de contextos lúdicos e educacionais, fundamentando-se na necessidade de adaptar artefatos digitais para garantir a autonomia dos usuários. **Metodologia.** O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso aplicado com abordagem mista (qualitativa e quantitativa), estruturado em fases de levantamento bibliográfico, prototipagem, testes com usuários e refinamento pós-aplicação. A implementação técnica foi realizada no motor Unity, integrando recursos de tecnologia assistiva como o leitor de ecrã TalkBack e síntese de voz de alta fidelidade via Eleven Labs. A validação contou com 10 participantes, incluindo estudantes com baixa visão e especialistas do Atendimento Educacional Especializado (AEE) e Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE). **Resultados.** Os resultados quantitativos revelaram elevada satisfação, com destaque para a dimensão de "Movimento"

(4,88/5,0), enquanto a análise qualitativa guiou melhorias críticas, como a criação de um mixer de áudio independente, padronização tipográfica em caixa alta e ampliação de elementos da interface. Conclui-se que o design colaborativo e a multimodalidade são fundamentais para transpor barreiras de exclusão, reafirmando o papel do lúdico como ferramenta de inclusão em ambientes educacionais.

Palavras-chave: Acessibilidade, Jogos Digitais, Baixa Visão, Tecnologia Assistiva.

1. Introdução

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) constituem um conjunto integrado de recursos que envolve software, hardware e telecomunicações, desempenhando papel essencial no processamento e na disseminação de informações em escala global. De acordo com a PUCPR (2025), essas tecnologias possibilitam a integração de sistemas e a conexão entre diferentes setores da sociedade, otimizando fluxos informacionais tanto no âmbito empresarial quanto educacional. No Brasil, esse avanço é impulsionado por instrumentos regulatórios como a Lei de TICs, considerada um pilar estratégico ao “fortalecer a integração entre indústrias e academia” [Brasil 2025], incentivando investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e promovendo a criação de soluções inovadoras alinhadas às demandas nacionais.

Nesse contexto, a articulação entre políticas públicas e produção científica amplia o alcance das TICs em áreas socialmente sensíveis, como a saúde e a inclusão social. As tecnologias assistivas emergem como ferramentas fundamentais para melhorar a qualidade de vida e promover a autonomia de pessoas com deficiência (PcD). No caso das deficiências visuais, os impactos se estendem a diversas dimensões da vida cotidiana, incluindo o acesso a informações visuais essenciais. Embora haja avanços na inclusão educacional desse público, ainda persistem desafios relacionados à interação com recursos digitais, especialmente jogos, o que contraria os princípios estabelecidos pela Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que assegura condições de igualdade, inclusão social e exercício pleno da cidadania [Brasil 2015].

Diante disso, torna-se imprescindível investigar estratégias para o desenvolvimento de jogos digitais acessíveis, tanto para pessoas típicas quanto para aquelas com deficiência visual. Entre essas condições, destaca-se o daltonismo, caracterizado pela dificuldade na distinção de determinadas cores em função de alterações nos cones da retina, responsáveis pela percepção cromática. Essa condição, frequentemente de origem hereditária e associada ao cromossomo X, é mais comum em homens, embora também possa ser adquirida por fatores como lesões oculares, envelhecimento, exposição a substâncias tóxicas, diabetes e esclerose múltipla. Tais limitações impactam diretamente a experiência em ambientes digitais que utilizam cores como elemento central de interação.

Nesse cenário, o desenvolvimento do Dalton's Game surge como uma proposta inovadora voltada à acessibilidade para pessoas com daltonismo. O projeto, idealizado a partir de um edital do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) em 2022, evoluiu para um artefato validado e disseminado em diferentes contextos acadêmicos e científicos [Nery Filho, De Paulo e Oliveira 2024; Paulo, Nery Filho e Ribeiro 2025; Paulo et al. 2025]. Inspirado em mecânicas clássicas de jogos como

Puzzle Bobble, o game incorpora o código ColorADD, desenvolvido por Miguel Neiva (2008), como estratégia de acessibilidade, permitindo a identificação de cores por meio de símbolos. Essa abordagem foi validada com especialistas e usuários com deficiência visual, consolidando o jogo como uma iniciativa relevante no campo.

Apesar dos avanços voltados ao daltonismo, emerge a necessidade de ampliar a acessibilidade do jogo para pessoas com baixa visão, condição que afeta uma parcela significativa da população. Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019, 3,4% dos brasileiros com 2 anos ou mais apresentam grande dificuldade ou incapacidade de enxergar. De acordo com o Decreto nº 5.904, de 21 de setembro de 2006, a baixa visão refere-se a níveis reduzidos de acuidade visual, mesmo com correção óptica (Brasil, 2006). Considerando a relevância das atividades lúdicas como instrumentos de aprendizagem e interação social [Almeida 2008], bem como os desafios enfrentados por esse público [Alves et al. 2023; Andrade et al. 2021; Ran et al. 2025]), este estudo propõe investigar a seguinte questão: é possível ampliar a acessibilidade do Dalton's Game para pessoas com baixa visão? Para tanto, busca-se analisar, implementar e avaliar recursos acessíveis que promovam uma experiência mais inclusiva, contribuindo para o avanço das pesquisas em acessibilidade em jogos digitais.

2. Fundamentação teórica

Para compreender o desenvolvimento de jogos digitais acessíveis, faz-se necessário, inicialmente, estabelecer uma base conceitual acerca do que se entende por jogo e interação lúdica. Esses conceitos são fundamentais para delimitar o campo de estudo e orientar as discussões sobre design, usabilidade e inclusão. Nesse sentido, este referencial teórico apoia-se na sistematização de conceitos presentes na obra de Salen e Zimmerman (2012), articulando contribuições de diferentes autores que abordam o fenômeno do jogo sob múltiplas perspectivas.

A interação lúdica pode ser compreendida como uma forma de engajamento social mediada por atividades prazerosas, que favorecem o aprendizado, o desenvolvimento individual e a interação entre sujeitos. Segundo Salen e Zimmerman (2012), todo jogo envolve interação lúdica, porém nem toda interação lúdica se configura como um jogo. Para aprofundar essa distinção, os autores dialogam com diferentes teóricos que contribuíram para a definição do conceito de jogo ao longo do tempo.

David Parlett [apud Salen e Zimmerman 2012] propõe a distinção entre jogos informais e formais, sendo os primeiros caracterizados pela ausência de regras e objetivos definidos, enquanto os segundos apresentam metas claras e estruturas normativas que orientam a competição. Clark C. Abt (1987) amplia essa perspectiva ao afirmar que jogos são atividades baseadas em tomada de decisão dentro de um contexto delimitado por regras, podendo inclusive abranger práticas como política e comércio. Complementando essas abordagens, Huizinga (2007) e Caillois (2001) destacam o caráter simbólico, livre e separado do jogo, enquanto Chris Crawford (1984) enfatiza elementos como conflito, regras e segurança. A partir dessas contribuições, Salen e Zimmerman (2012, p. 96) sintetizam que “o jogo é um sistema que envolve jogadores

em um conflito artificial definido por regras e que implica em um resultado quantificável”.

Já a acessibilidade em jogos digitais surge como uma preocupação crescente diante da necessidade de incluir diferentes perfis de jogadores, especialmente aqueles com deficiência. O relatório da International Game Developers Association [IGDA, 2004] evidencia diversas barreiras que dificultam a experiência desses usuários, como a dificuldade de compreensão da narrativa, a ausência de orientações claras, a incompatibilidade com dispositivos adaptativos e a frustração decorrente de mecânicas pouco acessíveis.

Como resposta a essas limitações, o relatório propõe um conjunto de estratégias que visam tornar os jogos mais inclusivos. Entre elas, destacam-se o uso de legendas, personalização de fontes, tutoriais mais claros, ajuste de dificuldade, interfaces simplificadas e adoção de esquemas de cores acessíveis. Além disso, recursos como alto contraste, feedback sonoro e mecanismos de orientação ampliam as possibilidades de interação, contribuindo para uma experiência mais equitativa e acessível para diferentes perfis de jogadores.

O conceito de baixa visão, também denominada visão subnormal, refere-se a uma condição visual que, embora não configure cegueira total, apresenta limitações significativas que não podem ser totalmente corrigidas por métodos convencionais. Conforme definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Decreto nº 5.296/2004, essa condição envolve redução da acuidade visual ou restrição do campo visual, impactando diretamente a autonomia do indivíduo em diferentes contextos, incluindo o ambiente digital.

De acordo com Sampaio et al. (2010), a funcionalidade visual de pessoas com baixa visão varia conforme fatores como contraste, percepção de cores e adaptação à luminosidade. No contexto dos jogos digitais, essas limitações podem afetar principalmente a interação com elementos de interface, como textos, ícones e indicadores visuais. Dessa forma, é inadequado tratar a baixa visão como uma condição homogênea, sendo essencial que o design de jogos ofereça recursos personalizáveis que atendam às diferentes necessidades, como ajustes de tamanho, contraste e simplificação visual.

Neste contexto, para superar as barreiras identificadas em jogos digitais, a literatura especializada apresenta diretrizes que orientam o desenvolvimento de experiências mais inclusivas. Entre as principais referências está o Game Accessibility Guidelines (GAG), que organiza recomendações em níveis de complexidade — básico, intermediário e avançado —, facilitando sua aplicação por desenvolvedores em diferentes estágios de projeto.

No caso específico de jogadores com baixa visão, as diretrizes do GAG (2025) e as recomendações de Bierre et al. (2005) destacam práticas essenciais, como a possibilidade de redimensionamento de elementos de interface, uso de alto contraste, implementação de feedback multissensorial e redução de ruído visual. Essas estratégias visam garantir que a informação não dependa exclusivamente do canal visual, promovendo uma experiência mais acessível sem comprometer a jogabilidade. Tais

princípios fundamentaram as adaptações implementadas no Dalton's Game, assegurando a manutenção da interação lúdica e das regras do jogo.

2.2 Trabalhos Similares

A literatura científica apresenta diversas iniciativas voltadas ao desenvolvimento de jogos acessíveis que buscam mitigar barreiras de interação para pessoas com deficiência visual. Um dos trabalhos centrais nesta área, desenvolvido por Oliveira et al. (2021), é o protótipo Expedição Antártica, um jogo do gênero RPG top-down interdisciplinar focado no ensino de Ciências, Matemática e Educação Científica. Este projeto destaca-se pela implementação de requisitos como audiodescrição em cada tela via leitor de telas, atalhos de teclado padronizados, sons binaurais (3D) para orientação espacial e imersão, além de um glossário multimídia contendo fotos, descrições e sons.

Outro projeto relevante, apresentado inicialmente por Dantas, Pinto e Sena (2013) e posteriormente expandido por Macêdo et al. (2017), é o BEM (Blinds, Education and Mathematics), um objeto de aprendizagem voltado ao ensino de operações matemáticas básicas para crianças com e sem deficiência visual. Em suas versões, o jogo incorpora funcionalidades de síntese e reconhecimento de voz, além do uso de teclas de atalho para facilitar a navegação e a resolução de cálculos.

No campo do ensino de Química, Vaz, Ramos e Almeida (2016) destacam o QuiSalino, um aplicativo de quiz focado em nomenclatura e formulação de sais inorgânicos. Para garantir a acessibilidade, todos os elementos visuais do jogo, como imagens, fórmulas, botões e alternativas, foram projetados de forma descritiva para serem interpretados por leitores de tela.

Diferente das propostas baseadas em quizzes, Sobral et al. (2017) apresentam o jogo A Cidade de Ominicron, que utiliza o gênero Role Playing Game (RPG) para abordar conceitos de Matemática e Português. A principal característica deste audiogame é a quase ausência de elementos gráficos, fundamentando a experiência do jogador integralmente em narrativas e efeitos sonoros para a orientação e progressão no enredo.

Por fim, Gerding, Otsuka e Junior (2018) desenvolveram um jogo de memória acessível e customizável. O sistema utiliza teclas de direção para navegação entre as cartas e a barra de espaço para revelação de conteúdo, garantindo um feedback sonoro para cada ação executada pelo usuário. Assim como nas novas features do Dalton's Game, esses trabalhos reforçam a importância de fornecer respostas auditivas imediatas e interfaces consistentes para promover a autonomia do jogador com baixa visão ou cegueira.

3. Metodologia de desenvolvimento e pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, visto que objetiva o aprimoramento de um artefato tecnológico voltado à solução de problemas reais de acessibilidade digital. Metodologicamente, o trabalho define-se como um estudo de caso de caráter exploratório, adotando uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa) (Gil, 2008). A pesquisa investiga a expansão da acessibilidade do Dalton's Game, originalmente concebido para o daltonismo, para o público com baixa visão,

priorizando a compreensão da experiência do usuário por meio de interações diretas e relatos fundamentados.

3.1 Etapas do Desenvolvimento e Metodologia de Fluxo

Seguindo as metodologias já trabalhadas anteriormente no projeto [Nery Filho, De Paulo e Oliveira 2024; Paulo, Nery Filho e Ribeiro 2025; Paulo et al. 2025], o percurso metodológico foi estruturado em quatro fases principais:

- **Levantamento e Estado da Arte:** Realizou-se uma pesquisa bibliográfica para identificar diretrizes de acessibilidade e o estudo de trabalhos similares, como o projeto "Expedição Antártica", que utiliza protocolos de design colaborativo.
- **Prototipagem e Implementação:** Com base nos requisitos de acessibilidade visual, o jogo foi atualizado para incluir funcionalidades como narração via TalkBack, controle de áudio independente (música e efeitos).
- **Validação e Testes com Sujeitos:** Etapa de aplicação prática com o público-alvo e especialistas para coleta de dados sobre a usabilidade.
- **Ajustes Finais e Análise:** Processamento dos resultados para identificação de melhorias necessárias.

3.2 Recursos e Ferramentas Tecnológicas

Para a implementação das camadas de acessibilidade no Dalton's Game, foram selecionadas tecnologias que permitem a conversão de informações visuais em estímulos sonoros, garantindo a autonomia do jogador com baixa visão.

O **TalkBack** é o leitor de ecrã nativo desenvolvido pela Google para o sistema operativo Android. Tecnicamente, enquadra-se na categoria de Tecnologia Assistiva, definida pela Lei nº 13.146/2015 como recursos e estratégias que promovem a funcionalidade e a autonomia de pessoas com deficiência.

A escolha pela integração e teste deste recurso justifica-se pela necessidade de fornecer um feedback auditivo constante, permitindo que o utilizador com baixa visão receba descrições detalhadas dos elementos da interface, menus e eventos do jogo. Em jogos digitais, leitores de ecrã como o TalkBack são essenciais para que a navegação não dependa exclusivamente da acuidade visual, transformando informações de texto e ícones em síntese de voz.

Eleven Labs: A produção dos áudios internos do jogo, incluindo narrações de instruções e feedbacks de eventos, foi realizada através da plataforma de Inteligência Artificial Eleven Labs. Esta ferramenta utiliza redes neurais para síntese de voz (Text-to-Speech) de alta fidelidade.

Foi selecionada a voz pré-definida "Janet" devido à sua clareza tonal e dicção natural, características essenciais para reduzir a carga cognitiva de jogadores com deficiência visual durante a absorção de conteúdos pedagógicos. O uso desta IA permitiu a criação de um ambiente sonoro profissional e acolhedor, facilitando a imersão lúdica.

Unity: Como motor de jogo principal, utilizou-se a plataforma Unity, ferramenta líder no desenvolvimento de jogos digitais e experiências interativas. O uso deste motor

e da linguagem de programação C# representa a continuidade de um trabalho iniciado anteriormente de forma voluntária, o qual foi aprimorado tecnicamente por meio de disciplinas da graduação e cursos de especialização focados na IDE da Unity. A escolha justifica-se pela vasta documentação da ferramenta, suporte da comunidade e, primordialmente, pela facilidade de integração de bibliotecas de áudio e componentes de acessibilidade, fundamentais para o desenvolvimento das novas features assistivas.

3.3 Implementação e Funcionalidades de Acessibilidade

Antes da fase de aplicação e coleta de dados, o Dalton's Game passou por uma etapa de reestruturação técnica e funcional para atender às especificidades de jogadores com baixa visão, baseados nas pesquisas bibliográficas que foram feitas no estado da arte e trabalhos similares. O objetivo foi transformar a interface puramente visual em um ambiente multissensorial e intuitivo. As implementações realizadas são detalhadas a seguir:

- **Reestruturação da Interface e Navegação:** Menu de Opções; Gestão de Progresso.
- **Engenharia de Áudio e Narração Assistiva:** Gestão de áudio; TalkBack; Sinalização de Estado; Feedback Sonoro de Botões; Narração do Ciclo de Jogo.
- **Conteúdo Didático e Explicativo:** Tutoriais Narrados; Slide Informativo do TalkBack;

3.4 Instrumento de Coleta de Dados

O instrumento de coleta de dados foi estruturado e adaptado a partir de três estudos fundamentais no domínio de jogos sérios para crianças com baixa visão desenvolvidos por Othman e colaboradores. A base conceitual do questionário derivou-se do modelo de design de acessibilidade apresentado em Serious Games Accessibility Design Model for Low-Vision Children [Othman et al. 2023a], nas estratégias de design centrado no jogo detalhadas em Play-Centric Designing of a Serious Game Prototype for Low Vision Children [Othman et al. 2020] e nos critérios de avaliação de usabilidade estabelecidos em Testing the Usability of Serious Game for Low Vision Children [Othman et al., 2023b].

O questionário resultante foi estruturado em uma Escala Likert de 5 pontos (variando de 1 a 5), permitindo mensurar a percepção dos usuários em sete dimensões críticas de usabilidade e acessibilidade:

- Design da Tela: Clareza visual, contraste e tamanho de fontes;
- Navegação: Facilidade de uso de menus e botões;
- Multimídia: Eficácia de áudios, narração e efeitos;
- Movimento: Adequação da velocidade dos objetos;
- Linguagem: Simplicidade das instruções;
- Interatividade: Facilidade de execução de tarefas no jogo;
- Experiência: Nível de diversão e satisfação do jogador.
- Perguntas Abertas: Espaço para observações qualitativas sobre dificuldades e sugestões de melhoria.

3.5 Procedimentos de Aplicação e Participantes

A pesquisa contou com a participação de 10 sujeitos , incluindo especialistas em Atendimento Educacional Especializado (AEE), brailistas, intérpretes de Libras e estudantes com diferentes condições visuais (miopia grave, visão monocular e astigmatismo). O protocolo de aplicação seguiu os seguintes passos:

- Termo de Consentimento: Apresentação e assinatura do TCLE, garantindo o anonimato e o cumprimento da LGPD (Lei nº 13.709/18).
- Apresentação e Tutorial: Explicação das mecânicas de jogo (bolhas atual, próxima e alvo) e das funcionalidades assistivas implementadas (TalkBack, ColorADD e controles de áudio).
- Ciclo de Jogabilidade: Interação direta com a fase 1, variando entre o uso com e sem óculos ou com e sem recursos assistivos ativos para fins comparativos.
- Avaliação Final: Aplicação do questionário quantitativo e entrevista para anotações extras.

4. Resultados e discussões

Os resultados obtidos a partir da aplicação da nova versão do Dalton's Game foram analisados sob perspectivas quantitativa e qualitativa, permitindo uma compreensão abrangente da experiência dos usuários. A amostra, composta por 10 participantes entre especialistas e estudantes com diferentes condições visuais, proporcionou uma visão diversificada sobre a usabilidade e acessibilidade do jogo. A presença de profissionais ligados ao Atendimento Educacional Especializado (AEE) e ao Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE) contribuiu com uma análise técnica, enquanto os estudantes trouxeram percepções práticas do uso real. Essa diversidade foi essencial para avaliar como diferentes perfis interagem com as adaptações implementadas.

Tabela 1 - Médias de Avaliação por Dimensão

Dimensão	Média escala Likert
Design da Tela	4,47 / 5,0
Navegação	4,52 / 5,0
Multimídia	4,44 / 5,0
Movimento	4,88 / 5,0
Linguagem	4,48 / 5,0
Interatividade	4,35 / 5,0
Experiência	4,76 / 5,0

Fonte: Próprios autores.

Como pode ser visto na Tabela 1, os resultados evidenciaram um alto nível de satisfação geral, com médias superiores a 4,3 em todas as dimensões avaliadas. Destacou-se a dimensão Movimento (4,88), indicando que a dinâmica do jogo, especialmente a velocidade dos elementos, está adequada para usuários com baixa

visão. Esse desempenho está alinhado às diretrizes propostas pela IGDA (2004), pelo GAG (2025) e pelos conceitos de visão funcional discutidos por Sampaio et al. (2010). Por outro lado, a dimensão Interatividade apresentou a menor média (4,35), revelando dificuldades iniciais relacionadas à compreensão da mecânica do jogo, especialmente no uso do sistema de “alvo”, o que evidencia a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de orientação.

A análise qualitativa reforçou e aprofundou os achados quantitativos, evidenciando desafios recorrentes relacionados à interface e à navegação. Problemas como o tamanho reduzido de botões e dificuldades de visualização foram relatados por diversos participantes, corroborando estudos como os de Alves (2023) e Othman (2020), que destacam a importância de elementos visuais ampliados e com alto contraste. Além disso, dificuldades no menu de pausa, especialmente pela ausência de um botão claro de retorno, confirmam observações de Ran (2025) sobre a importância de interfaces intuitivas, bem como soluções propostas em trabalhos como o BEM [Dantas et al. 2013; Macêdo et al. 2017].

Outro ponto relevante identificado foi o conflito entre diferentes camadas sonoras do jogo, como trilha sonora, efeitos e narração assistiva, problema também documentado por Oliveira et al. (2021). Embora o feedback auditivo seja essencial para acessibilidade [Gerding et al. 2018, autores como IGDA (2004) e Othman (2019; 2023)] ressaltam a necessidade de controle independente de áudio para garantir clareza. Além disso, a curva de aprendizado da mecânica do jogo evidenciou a importância de tutoriais mais descritivos e acessíveis, conforme discutido por Othman (2019), Sobral et al. (2017) e Vaz et al. (2016), que apontam a necessidade de suporte narrativo detalhado em contextos de baixa dependência visual.

Com base nesses achados, foram implementadas melhorias fundamentadas nos princípios do Design Centrado no Usuário e no Design Iterativo, conforme sugerido por Othman (2020) e Oliveira et al. (2021). As adaptações incluíram o redesenho da interface com botões maiores e padronizados, aplicação de tipografia mais legível, implementação de controle de áudio independente, aprimoramento do menu de navegação e reformulação do sistema de tutorial. Também foram inseridos indicadores visuais de foco e narrações mais objetivas, visando melhorar a compreensão das mecânicas do jogo. Essas modificações demonstram a importância da avaliação contínua e do refinamento iterativo no desenvolvimento de jogos acessíveis, contribuindo para uma experiência mais inclusiva e eficaz para pessoas com baixa visão.

5. Considerações Finais

A presente pesquisa cumpriu seu objetivo geral de investigar e propor soluções para a inclusão de jogadores com deficiência visual, utilizando o Dalton's Game como estudo de caso para a expansão da acessibilidade voltada à baixa visão. A transição de um jogo focado exclusivamente em daltonismo para uma ferramenta que atende a diversas condições visuais demonstrou que a acessibilidade em jogos digitais não deve ser vista como uma categoria estanque, mas como um processo contínuo de adaptação e refinamento.

A obtenção destes resultados foi fundamentada no levantamento do estado da arte, no estudo de similares [Dantas et al. 2013; Vaz et al. 2016; Oliveira et al. 2021] e na aplicação de diretrizes técnicas de acessibilidade [Bierre et al. 2005; IGDA, 2004; GAG, 2025; W3C 2018]. Contudo, embora tais referências tenham servido como alicerce, observou-se que elas não foram suficientes por si sós para garantir a plena inclusão; a interação direta com os sujeitos e o diálogo com os especialistas foram os componentes essenciais para a complementação e validação dos requisitos de acessibilidade. Nesse sentido, a análise quantitativa revelou uma elevada satisfação geral entre os 10 participantes, com destaque para a dimensão de Movimento (4,88/5,0), validando a adequação da velocidade e fluidez do jogo para o público-alvo. Por outro lado, a média inferior na dimensão de Interatividade (4,35/5,0) evidenciou a complexidade inicial da mecânica de "Alvo", reforçando a necessidade de tutoriais mais diretos e suporte auditivo constante para garantir a autonomia do jogador.

A etapa de Refinamento Pós-Aplicação foi um dos pilares mais significativos deste trabalho. Os feedbacks qualitativos permitiram a implementação de melhorias cruciais, como a criação de um Mixer de Áudio Independente (Música, SFX e TalkBack), a padronização tipográfica em caixa alta e o redesenho do Menu de Níveis, que agora apresenta botões maiores e segmentados por seções. A introdução de Indicadores Visuais de Foco nos tutoriais também se mostrou uma solução eficaz para guiar a atenção do usuário durante a explicação das mecânicas principais.

Conclui-se que o uso de tecnologias como o leitor de ecrã TalkBack e a síntese de voz de alta fidelidade via Eleven Labs (Voz Janet) são fundamentais para reduzir a carga cognitiva e promover uma experiência imersiva e relaxante. O envolvimento de especialistas do NAPNE e AEE, juntamente com o público estudantil, consolidou o caráter de design colaborativo da pesquisa, garantindo que o produto final não fosse apenas tecnicamente funcional, mas socialmente inclusivo.

Como perspectivas de trabalhos futuros, apontam-se as seguintes frentes:

- **Temas de Alto Contraste:** Implementar a customização de temas e esquemas de cores para diferentes patologias visuais, como sensibilidade à luz intensa.
- **Ampliação do Público-Alvo:** Realizar testes com crianças e idosos com baixa visão para verificar a eficácia do tutorial em diferentes faixas etárias.
- **Inclusão de Libras:** Integrar vídeos com tradução em Libras para abranger jogadores surdos, fortalecendo o conceito de Desenho Universal.

Em suma, este trabalho não apenas aprimorou o Dalton's Game, mas contribuiu para a discussão científica sobre a importância de desenvolver tecnologias assistivas que atendam a um público historicamente negligenciado, reafirmando o papel do lúdico como ferramenta de cidadania e inclusão social. A pesquisa contribuiu para que o jogo se tornasse uma referência prática na área, demonstrando que é possível criar ambientes virtuais igualitários sem comprometer o objetivo lúdico central. Por fim, este artigo contou com o auxílio da Inteligência Artificial Gemini, desenvolvida pelo Google, utilizada exclusivamente para a revisão ortográfica, ajustes de coerência textual e polimento da escrita acadêmica em diversas seções deste documento.

Referências

- Abt, C. C. (1987). *Serious Games*. Lanham: University Press of America.
- Almeida, P. N. de. (2008). *Educação lúdica: técnicas e jogos pedagógicos*. São Paulo: Loyola.
- Alves, L. Z. et al. (2023). “Acessibilidade em jogos digitais: análise de recursos para pessoas com baixa visão”. *AEC&D - Arte, Educação, Comunicação & Design*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 41–54. DOI: <https://doi.org/10.29327/216572.4.1-4>. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/dcae/article/view/12069>.
- Andrade, L. H.; Costa, R. M.; Werneck, V. M. (2021). “Acessibilidade em jogos: um mapeamento sistemático”. In: *Simpósio Brasileiro De Jogos E Entretenimento Digital – Sbgames, 20., 2021, Online. Anais Estendidos [...]*. Porto Alegre: SBC. p. 840–848. doi: https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2021.19722.
- Bierre, K. et al. (2005). “Accessibility in video games: lowering the barriers”. In: *Sigcse Technical Symposium On Computer Science Education*, 36., 2005, St. Louis. *Proceedings [...]*. New York: ACM. p. 12-13.
- Brasil (2006). [Decreto nº 5.904, de 21 de setembro de 2006]. Regulamenta a Lei nº 11.126, de 27 de junho de 2005, que dispõe sobre o direito da pessoa com deficiência visual de ingressar e permanecer em ambientes de uso coletivo acompanhada de cão-guia. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF*, p. 5, 22 set. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5904.htm. Acesso em: 25 abr. 2025.
- Brasil (2015). [Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015]. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF*, p. 2, 7 jul.. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 25 abr. 2025.
- Brasil (2025). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Lei de TICs: o que é e como tem transformado o setor de TI no Brasil. Brasília: MCTI, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/09/lei-de-tics-o-que-e-e-como-tem-transformado-o-setor-de-ti-no-brasil>. Acesso em: 7 abr. 2026.
- Caillois, R. (2001). *Man, Play and games*. University of Illinois Press.
- Crawford, C. (1984). *The art of computer game design*. New York: McGraw-Hill Osborne Media.
- Dantas, A. L. P.; Pinto, G. R. P. R.; Sena, C. P. P. (2013). “Apresentando o BEM: um objeto de aprendizagem para mediar o processo educacional de crianças com deficiência visual e videntes nas operações básicas de Matemática”. In: *Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação, 24., Campinas. Anais [...]*. Campinas: SBC, 2013.

- Game Accessibility Guidelines - GAG. (2025). Game accessibility guidelines: a straightforward reference for inclusive game design. Disponível em: <https://gameaccessibilityguidelines.com/>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- Gerding, R. M.; Otsuka, J. L.; Junior, P. H. F. F. (2018). “Design and development of an educational memory game solution for players with and without visual impairment”. In: Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação, 29., Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: SBC, 2018.
- Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- Huizinga, J. (2007). Homo Ludens: o jogo como elemento de cultura (J. P. Monteiro, Trans.). Perspectiva.
- IGDA. (2004). Accessibility in Games: Motivations and Approaches.. Disponível em: https://igda-gasig.org/wp-content/uploads/2011/10/igda_accessibility_whitepaper.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.
- Macêdo, R. S. et al. (2017). “Blinds, Education and Mathematics: objeto de aprendizagem sobre as operações básicas da matemática como uso dos recursos de síntese e reconhecimento de voz”. In: Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação, 28., Recife. Anais [...]. Recife: SBC, 2017.
- Neiva, M. (2008). ColorADD: sistema de identificação de cores para daltônicos. Porto: ColorADD,. Disponível em: <https://www.coloradd.net/>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- Nery Filho, J.; Paulo, D. P. S.; Oliveira, Y. R. S. B. (2024). “Dalton’s Game: desenvolvimento de um jogo acessível para pessoas com daltonismo, um processo de envolvimento dos especialistas e sujeitos”. In: Simpósio Brasileiro De Jogos E Entretenimento Digital – Sbgames, 23., 2024, Manaus. Anais [...]. Porto Alegre: SBC. p. 1596–1607. doi: <https://doi.org/10.5753/sbgames.2024.240077>.
- Oliveira, R. N. R. et al. (2021). “Desenvolvimento e avaliação da usabilidade e acessibilidade de um protótipo de jogo educacional digital para pessoas com deficiência visual”. Revista Brasileira de Educação Especial, Bauru, v. 27, e0190, p. 847-864.
- Organização Mundial Da Saúde. (2004). Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde: CID-10. 10. ed. rev. São Paulo: EDUSP,.
- Othman, N. I.; Mat Zin, N. A.; Mohamed, H. (2019). “Accessibility requirements in serious games for low vision children”. In: International Conference On Electrical Engineering And Informatics (ICEEI), Bandung. Proceedings [...]. Piscataway: IEEE, 2019. p. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICEEI47359.2019.8988791>. Acesso em: 19 abr. 2026.
- Othman, N. I.; Mat Zin, N. A.; Mohamed, H. (2020). “Play-Centric Designing of a Serious Game Prototype for Low Vision Children”. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 666-673,. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110528>.

- Othman, N. I.; Mohamed, H.; Mat Zin, N. A. (2023a). “Serious Games Accessibility Design Model for Low-Vision Children”. *Advances in Human-Computer Interaction*, [s. l.], v. 2023, art. 9528294, p. 1-13, DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/9528294>.
- Othman, N. I.; Mohamed, H.; Mat Zin, N. A. (2023b.). “Testing the Usability of Serious Game for Low Vision Children”. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 834-842, DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140834>.
- Paulo, D. P. S.; Ribeiro, G. T.; Nery Filho, J. (2025). “Avaliação de acessibilidade em um jogo digital para pessoas com daltonismo: Um estudo com o Dalton’s Game”. In: *Simpósio Brasileiro De Jogos E Entretenimento Digital (SBGAMES)*, 24., Salvador. Anais [...]. Porto Alegre: SBC. p. 2189-2198. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbgames.2025.9735>.
- Paulo, D. P. S. et al. (2025). “Dalton’s Board: Um jogo de tabuleiro acessível para pessoas com Daltonismo”. In: *Simpósio Brasileiro De Jogos E Entretenimento Digital (SBGAMES)*, 24., 2025, Salvador. Anais [...]. Porto Alegre: SBC. p. 2199-2209. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbgames.2025.9741>.
- PUCPR (2025). O que são TICs e qual a sua importância? Curitiba: PUCPR,. Disponível em: <https://www.pucpr.br/areas-estrategicas/tic/>. Acesso em: 7 abr. 2026.
- Ran, Z. et al. (2025). “How Users Who are Blind or Low Vision Play Mobile Games: Perceptions, Challenges, and Strategies”. In: *CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS (CHI '25)*,, Yokohama. Proceedings [...]. New York: ACM, 2025. p. 1-18. Acesso em: 19 abr. 2026.
- Salen, K.; Zimmerman, E. (2012). *Regras do jogo: fundamentos de design de jogos*. v. 1. São Paulo: Blucher.
- Sampaio, M. W. et al. (2010). *Baixa visão e cegueira: os dez anos da Laramara*. São Paulo: Laramar.
- Sobral, F. V. et al. (2017). “A utilização de Role Playing Games Digitais como Ferramenta complementar no processo de aprendizagem de crianças deficientes visuais”. In: *Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação*, 28, Recife. Anais [...]. Recife: SBC.
- Vaz, P. T.; Ramos, A. A.; Almeida, S. S. L. (2016). “Aplicativo de Quiz sobre Química Inorgânica acessível a pessoas com deficiência visual: QuiSalino”. In: *Congresso Brasileiro De Informática Na Educação*, 5., Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: SBC, 2016.
- World Wide Web Consortium (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: 18 abr. 2026.