

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Acessibilidade em Jogos Educacionais Digitais:
Aprimoramento e avaliação do jogo *Flip n' Flop***

João Vitor Fernandes Ribeiro Carneiro Ramos

JUIZ DE FORA
JULHO, 2026

Acessibilidade em Jogos Educacionais Digitais: Aprimoramento e avaliação do jogo *Flip n' Flop*

JOÃO VITOR FERNANDES RIBEIRO CARNEIRO RAMOS

Universidade Federal de Juiz de Fora

Instituto de Ciências Exatas

Departamento de Ciência da Computação

Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: Luciano Jerez Chaves

JUIZ DE FORA

JULHO, 2026

Acessibilidade em Jogos Educacionais Digitais: Aprimoramento e avaliação do jogo *Flip n' Flop*

JOÃO VITOR FERNANDES RIBEIRO CARNEIRO RAMOS

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

Luciano Jerez Chaves
Doutor em Ciência da Computação
IC/UNICAMP

Eduardo Barrére
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação
COPPE/UFRJ

Marcelo Caniato Renhe
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação
COPPE/UFRJ

JUIZ DE FORA
17 DE JULHO, 2026

Resumo

Contexto: O Jogo Educacional Digital (JED) *Flip n' Flop*, voltado à prática de diagramas de tempo de *flip-flops*, está sendo desenvolvido no DCC/UFJF para apoiar a disciplina de Circuitos Digitais. Uma avaliação preliminar do jogo identificou limitações expressivas em acessibilidade e personalização, estabelecendo direções prioritárias para a continuidade do jogo. **Objetivos:** Este trabalho tem como objetivo investigar, implementar e avaliar melhorias de acessibilidade no *Flip n' Flop*, ampliando seu alcance a um público mais diverso e reforçando seu papel pedagógico de forma mais equitativa. **Métodos:** O trabalho foi conduzido a partir de uma revisão da literatura, identificando guias e critérios de acessibilidade para jogos digitais, com destaque para as *Game Accessibility Guidelines* (GAG) e os critérios de Belarmino et al. (2021). Na sequência, o estado de acessibilidade do *Flip n' Flop* foi inspecionado à luz desses dois instrumentos, orientando a implementação de um subconjunto dos itens identificados como aplicáveis ao jogo. Por fim, foi realizada uma avaliação empírica com estudantes da disciplina de Circuitos Digitais, utilizando o modelo MEEGA+ complementado por questões específicas sobre personalização e acessibilidade. **Resultados:** Na inspeção por diretrizes, o *Flip n' Flop* atendeu a 65% das diretrizes básicas do GAG aplicáveis ao contexto do jogo, decrescendo nos níveis de maior complexidade. A avaliação empírica com os estudantes confirmou a evolução do JED, registrando ao menos 70% de concordância nas questões sobre personalização e acessibilidade. **Conclusão:** Os resultados demonstram a viabilidade de incorporar melhorias de acessibilidade ao *Flip n' Flop*, com impacto positivo percebido pelos próprios jogadores, reforçando a relevância desse investimento para que jogos educacionais cumpram seu papel pedagógico de forma plena e justa.

Palavras-chave: Jogos Educacionais Digitais; Acessibilidade; *Game Accessibility Guidelines*; Circuitos Lógicos; Diagramas de Tempo; *Flip-Flops*.

Abstract

Context: The educational digital game *Flip n' Flop*, designed to practice *flip-flop* timing diagrams, is being developed at DCC/UFJF to support the Digital Circuits course. A preliminary evaluation of the game identified significant limitations in accessibility and personalization, establishing priority directions for the continuity of the game. **Objectives:** This work aims to investigate, implement, and evaluate accessibility improvements in *Flip n' Flop*, broadening its reach to a more diverse audience and reinforcing its pedagogical role in a more equitable way. **Methods:** The work was conducted based on a literature review, identifying accessibility guides and criteria for digital games, with emphasis on the Game Accessibility Guidelines (GAG) and the criteria proposed by Belarmino et al. (2021). Subsequently, the accessibility status of *Flip n' Flop* was inspected in light of these two instruments, guiding the implementation of a subset of the items identified as applicable to the game. Finally, an empirical evaluation was conducted with students from the Digital Circuits course, using the MEEGA+ model complemented by specific questions on personalization and accessibility. **Results:** In the guideline-based inspection, *Flip n' Flop* met 65% of the basic GAG guidelines applicable to the game's context, decreasing at higher levels of implementation complexity. The empirical evaluation with students confirmed the game's evolution, recording at least 70% agreement on the personalization and accessibility questions. **Conclusion:** The results demonstrate the feasibility of incorporating accessibility improvements into *Flip n' Flop*, with a positive impact perceived by the players themselves, reinforcing the relevance of this investment so that educational games can fully and fairly fulfill their pedagogical role.

Keywords: Digital Educational Games; Accessibility; *Game Accessibility Guidelines*; Logic Circuits; Timing Diagrams; *Flip-Flops*.

Sumário

Lista de Figuras	5
Lista de Tabelas	6
Lista de Abreviações	7
1 Introdução	8
1.1 O JED <i>Flip n' Flop</i>	8
1.2 Motivação	11
1.3 Objetivos e contribuições	12
1.4 Organização do documento	13
2 Fundamentos de Acessibilidade	14
2.1 Pessoas com deficiência	14
2.2 Acessibilidade digital	16
2.3 Barreiras enfrentadas pelos jogadores	17
2.4 Considerações finais	19
3 Panorama da Literatura	20
3.1 Trabalhos analisados	20
3.2 Análise comparativa	23
3.2.1 Abrangência geográfica: nacional e internacional	24
3.2.2 Categorias de deficiência: foco único e múltiplo	24
3.2.3 Tipo de jogo: entretenimento e jogo sério	25
3.2.4 Validação empírica: exceção e regra	25
3.3 Considerações finais	26
4 Metodologias para Avaliação	28
4.1 Métodos de avaliação: inspeção e usuário	28
4.2 Diretrizes de acessibilidade	29
4.2.1 <i>Game Accessibility Guidelines</i>	30
4.2.2 Critérios de acessibilidade MDA	31
4.2.3 Nível de Acessibilidade	32
4.3 Avaliação empírica com o MEEGA+	33
4.4 Considerações finais	35
5 Acessibilidade no JED <i>Flip n' Flop</i>	36
5.1 Itens de acessibilidade no jogo	36
5.1.1 Recursos incorporados por padrão	36
5.1.2 Personalização e ajustes pelo jogador	39
5.1.3 Apoio e orientação ativa	42
5.1.4 <i>Feedback</i> e comunicação	45
5.2 Nível de Acessibilidade	45
5.3 Oportunidades de melhoria	47
5.3.1 Tecnologias assistivas e personalização adicional	47

5.3.2	Ajuste de dificuldade	48
5.3.3	Novos modos de jogo e expansão de alcance	48
5.4	Considerações finais	49
6	Avaliação Empírica com Estudantes	51
6.1	Planejamento	51
6.2	Execução	53
6.3	Resultados	55
6.3.1	Usabilidade	55
6.3.2	Experiência do jogador	57
6.3.3	Personalização e acessibilidade	59
6.3.4	Questões abertas	61
6.4	Discussões	62
6.5	Considerações finais	63
7	Conclusão	64
	Referências	66
A	<i>Game Accessibility Guidelines</i>	70
B	Critérios de Acessibilidade MDA	82
C	Questionário de avaliação	89

Lista de Figuras

1.1	Imagens da fase inicial no protótipo do jogo <i>Flip n' Flop</i>	9
1.2	Obstáculos no protótipo do jogo <i>Flip n' Flop</i>	10
5.1	Fonte <i>Exo 2</i> , utilizada na interface do jogo.	38
5.2	Menu de configurações de controles.	39
5.3	Menu de configurações de áudio.	40
5.4	Menu de configurações de vídeo.	40
5.5	Exemplos de contraste de fundo modificado.	41
5.6	Menu de configurações de cores.	41
5.7	Paletas e seletores RGB para cores dos sinais do diagrama.	42
5.8	Exemplos de cores nos sinais do diagrama de tempo.	42
5.9	Menu “Como Jogar”.	43
5.10	Mecanismos de <i>scaffolding</i> e dicas.	44
5.11	Menus inicial e de seleção de fases.	44
5.12	<i>Feedback</i> ao final de uma fase.	45
6.1	Estudantes participando da avaliação do jogo.	53
6.2	Distribuição dos participantes por diferentes categorias.	54
6.3	Distribuição de participantes por categorias de deficiência.	54
6.4	Distribuição das respostas para todos os itens do questionário MEEGA+.	56
6.5	Distribuição das respostas para os itens de personalização e acessibilidade.	59

Lista de Tabelas

3.1	Panorama dos trabalhos da literatura analisados.	21
5.1	Mapeamento padrão de teclas no jogo <i>Flip n' Flop</i>	37
5.2	Nível de Acessibilidade por categoria de deficiência do GAG.	46
5.3	Nível de Acessibilidade por dificuldade de implementação do GAG.	46
5.4	Nível de Acessibilidade por camada do <i>framework</i> MDA.	46
A.1	Diretrizes do <i>Game Accessibility Guidelines</i> (GAG).	71
B.1	Critérios MDA propostos por Belarmino et al. (2021).	83

Lista de Abreviações

CSUQ	<i>Computer System Usability Questionnaire</i>
DCC	Departamento de Ciência da Computação
eMAG	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
GAG	<i>Game Accessibility Guidelines</i>
GEQ	<i>Game Experience Questionnaire</i>
HUD	<i>Heads-Up Display</i>
IGDA	<i>International Game Developers Association</i>
JED	Jogo Educacional Digital
MDA	<i>Mechanics, Dynamics, Aesthetics</i>
MEEGA+	<i>Model for the Evaluation of Educational GAMES</i>
NA	Nível de Acessibilidade
PC	<i>Personal Computer</i>
PcD	Pessoa com Deficiência
SBGames	Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
TEA	Transtorno do Espectro Autista
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

1 Introdução

As metodologias ativas de aprendizagem, que colocam o estudante no centro do processo de ensino-aprendizagem, têm ganhado espaço crescente como alternativa às abordagens tradicionais. Nesse contexto, a aprendizagem baseada em jogos desponta como uma abordagem promissora, e os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) têm sido apontados como uma ferramenta capaz de aumentar o engajamento dos estudantes e facilitar a compreensão de conteúdos abstratos no ensino de Computação (BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016).

Em um mapeamento sistemático da literatura conduzido anteriormente sobre JEDs aplicados ao ensino de Circuitos Lógicos (DÔNDICI et al., 2025), destacou-se a escassez de jogos voltados especificamente a alguns conteúdos da disciplina, o que motivou e orientou o desenvolvimento do *Flip n' Flop*. Este capítulo apresenta uma visão geral do jogo (Seção 1.1), a motivação para o presente trabalho (Seção 1.2), seus objetivos e contribuições (Seção 1.3) e a organização do restante do documento (Seção 1.4).

1.1 O JED *Flip n' Flop*

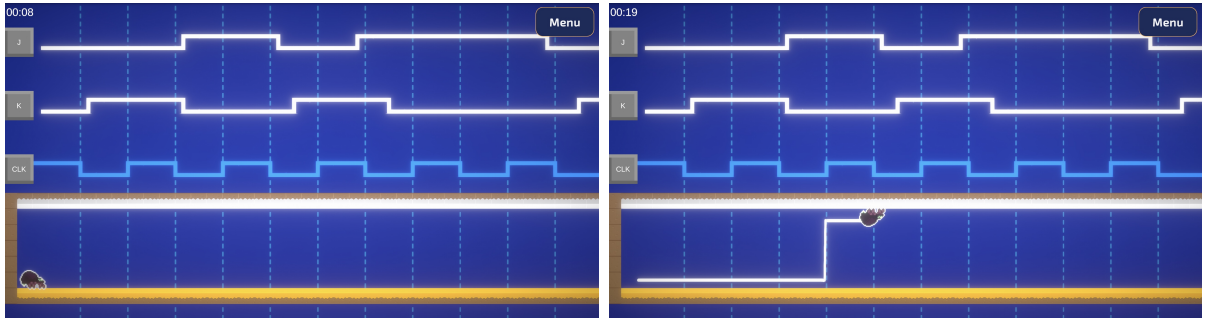
O *Flip n' Flop* vem sendo desenvolvido nos últimos anos no Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no contexto de um projeto de iniciação científica conduzido por um grupo de professores e estudantes. O JED foi concebido para auxiliar graduandos em Computação e áreas afins na prática da construção de diagramas de tempo de *flip-flops* J - K ¹. O jogo busca servir como ferramenta de apoio à consolidação desses conceitos, favorecendo a compreensão da representação temporal do diagrama e da relação entre os sinais de entrada e de saída, considerando os diversos tipos de operações suportadas por esses circuitos.

O *Flip n' Flop* é classificado como um jogo de plataformas 2D, subcategoria do gênero ação (HEINTZ, 2016). A escolha desse gênero não foi arbitrária: em jogos de plataforma, a personagem se desloca predominantemente na direção horizontal do

¹Para uma introdução a esses conceitos, ver Tocci, Widmer e Moss (2018) ou Floyd (2015).

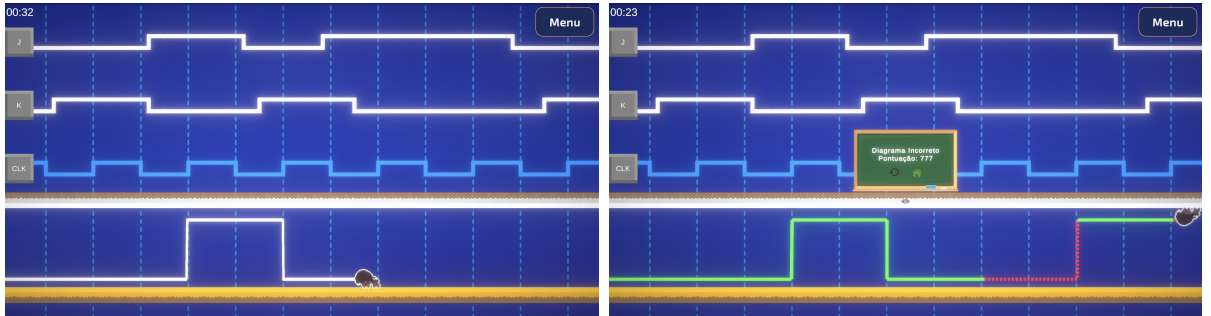
cenário, uma estrutura que se assemelha à progressão temporal de um diagrama de tempo (DÔNDICI, 2026). No *Flip n' Flop*, essa semelhança é explorada na jogabilidade, de modo que a movimentação da personagem corresponde diretamente à construção da linha de saída do diagrama, reforçando a integração intrínseca entre o objetivo pedagógico e a mecânica do jogo (HABGOOD, 2007).

O jogo é estruturado em fases, sendo que o cenário de cada fase representa um diagrama de tempo distinto. A Figura 1.1 apresenta imagens da fase inicial implementada no protótipo do jogo *Flip n' Flop*. A Figura 1.1a ilustra o estado inicial da fase, com as linhas dos sinais de entrada J, K e CLK já desenhadas. A mecânica central consiste em movimentar a personagem entre duas plataformas horizontais para desenhar a linha de saída Q ao longo de toda a extensão do diagrama. As plataformas representam o teto e o piso do cenário, estando associadas ao valor da saída Q nos níveis lógicos 1 e 0, respectivamente. A personagem pode caminhar tanto sobre o piso quanto sob o teto, alternando entre eles a qualquer momento. As Figuras 1.1b e 1.1c ilustram estados intermediários da fase, no qual é possível ver a personagem caminhando sob o teto, enquanto a linha de saída desenhada entre as plataformas indica o caminho percorrido até o ponto atual. Ao



(a) Estado inicial da fase.

(b) Estado intermediário da fase.



(c) Estado intermediário da fase.

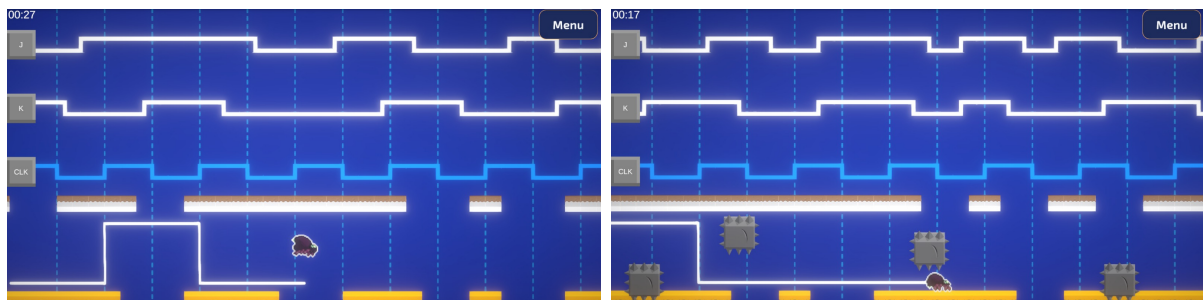
(d) Estado final da fase.

Figura 1.1: Imagens da fase inicial no protótipo do jogo *Flip n' Flop*.

chegar ao final da fase, como ilustrado na Figura 1.1d, o jogador recebe um *feedback* visual de sua resposta, com indicação dos trechos corretos e incorretos do diagrama construído.

O deslocamento horizontal da personagem representa, assim, o próprio avanço ou retrocesso temporal do diagrama: andar para a direita desenha gradualmente a linha de saída, à medida que o tempo avança, enquanto andar para a esquerda a apaga, permitindo ao jogador corrigir eventuais erros antes da validação final. A troca entre piso e teto, por sua vez, representa a inversão do valor lógico da saída, que deve ocorrer nos instantes corretos, de acordo com os sinais de entrada.

Visando promover diversão e engajamento, os cenários podem incluir obstáculos que impõem desafios lúdicos ao jogador. No protótipo implementado, as fases seguintes incluem obstáculos como buracos nas plataformas e pedras fixas ou móveis, ilustrados na Figura 1.2. Para superá-los, o jogador pode utilizar movimentos de pulo e arrancada (*dash*). A Figura 1.2a mostra a personagem saltando sobre um buraco, enquanto a Figura 1.2b ilustra o uso da arrancada para desviar rapidamente de uma pedra se movendo na direção da personagem. O pulo e a arrancada são mecânicas com finalidade lúdica, não pedagógica. Entretanto, para além do aspecto lúdico, o posicionamento adequado dos obstáculos pode funcionar como mecanismo de ajuda, bloqueando rotas incorretas para guiar o aprendizado em situações específicas.



(a) Personagem pulando um buraco.

(b) Personagem desviando de uma pedra.

Figura 1.2: Obstáculos no protótipo do jogo *Flip n' Flop*.

O protótipo funcional do jogo foi desenvolvido com o motor de jogos *Unity*, com foco na compilação para a *Web*, o que permite a execução direta em navegadores, sem necessidade de instalação, facilitando o acesso pelos estudantes em diferentes ambientes educacionais. A versão utilizada neste trabalho está disponível no serviço *Unity Play*² e

²<<https://play.unity.com/en/games/9e7e6c75-ff56-4481-852c-38b5bafdb07f/flip-n-flop-0121>>

conta com nove fases, que introduzem gradualmente novos tipos de obstáculos e operações de *flip-flop*, aumentando progressivamente a complexidade da jogabilidade. O código-fonte do projeto encontra-se disponível no GitHub³, sob licença de software livre.

A concepção original do jogo, incluindo sua proposta de *design*, implementação inicial e avaliação preliminar, é descrita em detalhes no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Dôndici (2026); parte desses resultados, correspondente à primeira versão do protótipo e à sua avaliação preliminar, foi submetida e aceita para apresentação e publicação no *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (SBGames) de 2026, reforçando a relevância acadêmica da proposta (DÔNDICI et al., 2026).

1.2 Motivação

A avaliação preliminar do *Flip n' Flop*, conduzida com um protótipo anterior ao atual no TCC de Dôndici (2026), evidenciou boa recepção do jogo pelos estudantes, mas também apontou uma limitação importante: a ausência de recursos de personalização e acessibilidade, resultando em avaliações negativas expressivas nessa dimensão. Esse resultado motivou diretamente o presente trabalho, cujo foco é investigar, implementar e avaliar melhorias de acessibilidade no jogo.

O problema identificado na avaliação preliminar não é um caso isolado. O mapeamento sistemático que motivou a criação deste jogo (DÔNDICI et al., 2025) já havia constatado a ausência completa de trabalhos que considerassem questões de inclusão ou acessibilidade. Essa lacuna dialoga com um problema mais amplo: a acessibilidade em jogos digitais é um tema que tem ganhado atenção crescente na pesquisa acadêmica, mas que ainda ocupa um espaço reduzido quando comparado à acessibilidade de *softwares* convencionais e de conteúdo *Web* (MIESENBERGER et al., 2008). No contexto específico dos JEDs, essa lacuna é ainda mais preocupante, pois a educação é um direito universal, e qualquer ferramenta educacional digital que ignore as necessidades de pessoas com deficiência contraria diretamente esse princípio (BELARMINO et al., 2021).

³<<https://github.com/flip-n-flop/game>>

1.3 Objetivos e contribuições

O objetivo geral deste trabalho é aprimorar e avaliar o JED *Flip n' Flop*, com atenção especial às suas questões de acessibilidade. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) revisar a literatura sobre acessibilidade em jogos digitais, identificando as principais diretrizes, metodologias de avaliação e lacunas da área; (ii) implementar e avaliar, de forma iterativa, funcionalidades de acessibilidade no *Flip n' Flop* com base nas diretrizes identificadas; e (iii) conduzir uma avaliação empírica com estudantes de graduação para investigar a percepção dos jogadores sobre as melhorias implementadas, a usabilidade e a experiência de jogo.

Esses objetivos foram alcançados por meio de duas perspectivas complementares. A primeira é a inspeção por diretrizes, conduzida com base nas *Game Accessibility Guidelines* (GAG) (ELLIS et al., 2012) e nos critérios de acessibilidade segundo o *framework Mechanics, Dynamics, Aesthetics* (MDA) propostos por Belarmino et al. (2021). Essas diretrizes e critérios orientaram, de forma iterativa, tanto a implementação de um amplo conjunto de novas funcionalidades de acessibilidade (materializadas em um menu de configurações incorporado ao jogo) quanto a inspeção do estado de acessibilidade resultante, incluindo o cálculo da métrica quantitativa de Nível de Acessibilidade (NA), proposta por Silva, Souza e Santos (2024). A segunda perspectiva é a avaliação empírica, conduzida após essa etapa de implementação, com estudantes da disciplina DCC122 – Circuitos Digitais da UFJF, utilizando um questionário expandido baseado no modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019).

Os resultados obtidos indicam que é possível incorporar funcionalidades significativas de acessibilidade a um JED em desenvolvimento acadêmico, com impacto positivo mensurável tanto pela inspeção por diretrizes quanto pela percepção dos próprios jogadores, que avaliaram positivamente os recursos implementados em todas as questões específicas do bloco de personalização e acessibilidade aplicado no experimento.

1.4 Organização do documento

O restante deste documento está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre acessibilidade, cobrindo seu conceito geral, a acessibilidade digital e barreiras enfrentadas por jogadores com diferentes perfis de deficiência. O Capítulo 3 analisa nove trabalhos da literatura sobre acessibilidade em jogos, organizados de forma comparativa em torno de quatro dimensões. O Capítulo 4 apresenta em detalhe as metodologias adotadas para a avaliação e o aprimoramento de acessibilidade do jogo: as GAG, os critérios MDA de Belarmino et al. (2021) e o modelo MEEGA+. O Capítulo 5 discute como essas metodologias orientaram tanto a implementação das funcionalidades de acessibilidade do *Flip n' Flop* quanto a inspeção do seu estado atual. O Capítulo 6 apresenta a avaliação conduzida com estudantes, incluindo o planejamento, a execução e os resultados obtidos. Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

Três apêndices complementam o texto principal. O Apêndice A apresenta a lista completa de diretrizes do GAG e sua aplicabilidade ao *Flip n' Flop*. O Apêndice B apresenta os critérios de acessibilidade MDA propostos por Belarmino et al. (2021) e sua aplicabilidade ao jogo. Por fim, o Apêndice C apresenta o instrumento MEEGA+ estendido, com os itens originais e os itens adicionais elaborados para este trabalho.

2 Fundamentos de Acessibilidade

Acessibilidade é a possibilidade de qualquer pessoa, independentemente de suas características físicas, sensoriais, cognitivas ou sociais, acessar conteúdos, serviços, espaços ou tecnologias sem barreiras impostas por essas diferenças (HERSH; LEPORINI, 2013). Historicamente, esse conceito esteve associado sobretudo a ambientes físicos, por meio de recursos como rampas, elevadores e sinalizações táteis, garantindo autonomia e participação social a pessoas com mobilidade reduzida. Com a presença crescente das tecnologias de informação e comunicação no cotidiano, essa noção se ampliou também para os ambientes digitais (BELARMINO et al., 2021; LARREINA-MORALES, 2024), contexto no qual se insere este trabalho.

Este capítulo apresenta os fundamentos necessários para as discussões dos capítulos seguintes. A Seção 2.1 define o conceito de Pessoa com Deficiência e as classificações associadas. A Seção 2.2 trata da acessibilidade no contexto digital, incluindo o princípio do desenho universal e sua relação com a usabilidade. A Seção 2.3 apresenta as barreiras que jogadores com diferentes perfis de deficiência podem enfrentar em jogos digitais. A Seção 2.4 encerra o capítulo com as considerações finais.

2.1 Pessoas com deficiência

O termo Pessoa com Deficiência (PcD) designa indivíduos que possuem impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diferentes barreiras, podem dificultar sua participação efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas, conforme definição estabelecida pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) (BRASIL, 2015).

Essa definição reflete uma mudança importante na forma de compreender a deficiência. Hersh e Leporini (2013) destacam dois modelos principais: o modelo médico, que localiza a deficiência no indivíduo e trata seus impedimentos como a causa da desvantagem, orientando abordagens de reabilitação; e o modelo social, que desloca o problema

para as barreiras físicas e sociais construídas sem considerar as necessidades dessas pessoas. Sob a ótica do modelo social, a limitação não está na pessoa que usa cadeira de rodas, mas na escada sem alternativa de acesso. É essa perspectiva que fundamenta a noção de acessibilidade adotada neste trabalho: eliminar barreiras é responsabilidade de quem projeta produtos e ambientes, não um ajuste esperado de quem os utiliza.

Quanto à classificação, o Decreto nº 3.298/1999 organiza as deficiências com base nas características dos impedimentos apresentados pelos indivíduos (BRASIL, 1999):

- **Deficiência física:** alterações no corpo que comprometem a função motora, afetando principalmente a mobilidade e a capacidade de realizar movimentos precisos, rápidos ou coordenados. Pode dificultar o manuseio de objetos e o uso de dispositivos que exijam ações simultâneas ou repetitivas.
- **Deficiência auditiva:** perda parcial ou total da capacidade de ouvir, que impacta diretamente o acesso a informações transmitidas por meio de sons, como avisos sonoros, diálogos e alertas.
- **Deficiência visual:** abrange desde a baixa visão até a cegueira total, além de condições como o daltonismo. Dificulta a percepção de elementos apresentados exclusivamente de forma visual, como textos, imagens e informações comunicadas apenas por cor ou contraste.
- **Deficiência intelectual:** limitações no funcionamento intelectual e no comportamento adaptativo, que influenciam habilidades como aprendizagem, raciocínio e resolução de problemas. Pode tornar mais difícil processar grandes volumes de informação ou compreender instruções complexas.
- **Deficiência múltipla:** associação de duas ou mais deficiências em um mesmo indivíduo, o que pode intensificar as barreiras enfrentadas em diferentes contextos.

Reconhecer essa diversidade de perfis, e o fato de que as barreiras resultam da interação entre os impedimentos e o ambiente, é o ponto de partida para o desenvolvimento de produtos e sistemas que atendam às necessidades dessas pessoas.

2.2 Acessibilidade digital

No contexto digital, acessibilidade é a capacidade de sistemas e produtos tecnológicos serem utilizados de forma efetiva por pessoas com os mais diferentes perfis. Trata-se de uma preocupação reconhecida também no plano legal, com a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, da Organização das Nações Unidas, orientando os Estados signatários a tornar seus serviços eletrônicos acessíveis (LARREINA-MORALES, 2024). No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência estende esse dever aos ambientes digitais (BRASIL, 2015). Nesse cenário, iniciativas como as diretrizes *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), mantidas internacionalmente pelo *World Wide Web Consortium* (W3C, 2018), e o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG), no âmbito nacional (BRASIL, 2014), estabelecem recomendações concretas para que conteúdos digitais sejam desenvolvidos de forma inclusiva.

Na prática, o acesso de PcD aos sistemas digitais é mediado por tecnologias assistivas. Hersh e Leporini (2013) relacionam dispositivos de entrada como teclados adaptados, teclados virtuais, acionadores de movimento único e softwares de reconhecimento de voz, além de recursos de saída como leitores de tela com síntese de voz e ampliadores. A experiência dessas pessoas depende não apenas dos recursos do sistema, mas de sua compatibilidade com essas tecnologias, o que reforça a importância de considerar a acessibilidade desde as etapas iniciais do desenvolvimento (LARREINA-MORALES, 2024).

Do ponto de vista da experiência do usuário, Larreina-Morales (2024) destaca que um sistema acessível tende a ser mais usável para todos, não apenas para PcD. Recursos como legendas, alto contraste ou navegação por teclado, embora pensados para atender necessidades específicas, acabam beneficiando um público mais amplo. Esse princípio é chamado de *desenho universal*: a proposta de criar produtos utilizáveis por todas as pessoas, na maior extensão possível, sem necessidade de adaptação ou projeto especializado (BELARMINO et al., 2021; HERSH; LEPORINI, 2013). Entre seus fundamentos estão oferecer meios de uso equivalentes para todos os usuários, acomodar uma ampla gama de preferências, comunicar informações de forma efetiva independentemente das condições do ambiente ou dos sentidos utilizados, e minimizar as consequências de erros (HERSH; LEPORINI, 2013). É nesse ponto que acessibilidade e usabilidade se encontram: a aces-

sibilidade garante que diferentes perfis de usuários consigam acessar e interagir com o produto, enquanto a usabilidade diz respeito à qualidade dessa interação, e as soluções projetadas para incluir tendem a melhorar a experiência de qualquer usuário.

Esses conceitos se estendem também aos jogos digitais. Contudo, um jogo é um sistema dinâmico e interativo, que envolve mecânicas, respostas em tempo real e progressão de desafios. Além disso, sua finalidade é o entretenimento, e não a produtividade que orienta um sistema utilitário convencional (YUAN; FOLMER; HARRIS JR., 2011). Por isso, diretrizes concebidas para a *Web*, como o WCAG, não podem ser diretamente transpostas para esse contexto (WESTIN et al., 2018; BELARMINO et al., 2021), e a avaliação de acessibilidade em jogos precisa considerar também aspectos como engajamento, diversão e experiência do jogador, além das barreiras de acesso tradicionais (FORTES et al., 2017). As barreiras enfrentadas pelos jogadores são apresentadas a seguir; as diretrizes específicas da área são tratadas nos capítulos seguintes.

2.3 Barreiras enfrentadas pelos jogadores

Compreender as barreiras que os jogadores enfrentam é o ponto de partida para avaliar acessibilidade em jogos, uma vez que ignorar qualquer uma delas significa excluir uma parcela de potenciais jogadores (YUAN; FOLMER; HARRIS JR., 2011). Diferentemente da classificação apresentada na Seção 2.1, cujo foco é conceitual e legal, o interesse aqui está em como essas limitações se manifestam concretamente na interação com um jogo:

- **Física:** jogadores com limitações motoras podem ter dificuldade em realizar movimentos precisos, rápidos ou simultâneos com os dispositivos de entrada tradicionais. Mecânicas que exigem apertar múltiplas teclas ao mesmo tempo, segurar botões de forma contínua, executar sequências rápidas de comandos ou gestos como deslizar e arrastar representam barreiras diretas, assim como elementos de interface pequenos ou muito próximos entre si. Soluções recorrentes incluem a reorganização de controles, o suporte a dispositivos de entrada adaptados e a simplificação de comandos que exijam repetição rápida de botões (ANDRADE; COSTA; WERNECK, 2021).
- **Auditiva:** para jogadores com deficiência auditiva, a barreira central está na perda

de informações transmitidas apenas por som. Diálogos sem legenda, efeitos sonoros que sinalizam eventos importantes, músicas que indicam mudanças de estado e avisos comunicados exclusivamente por áudio comprometem a experiência. Em jogos educacionais, nos quais instruções e *feedback* costumam ser apresentados em áudio, essa barreira pode afetar diretamente a aprendizagem. Legendas descritivas complementadas por indicativos visuais em tela são soluções frequentemente adotadas para mitigar essa barreira (ANDRADE; COSTA; WERNECK, 2021).

- **Visual:** jogadores com deficiência visual ou daltonismo enfrentam dificuldades em perceber informações apresentadas exclusivamente de forma visual. Ícones sem descrição alternativa, *feedback* comunicado apenas por cor, textos pequenos ou com baixo contraste e elementos interativos que não se distinguem visualmente do restante da interface são barreiras frequentes, especialmente em jogos de ritmo acelerado (BIERRE et al., 2005).
- **Intellectual:** jogadores com deficiência intelectual ou dificuldades de aprendizagem podem ter dificuldade em processar grandes volumes de informação simultaneamente, compreender instruções complexas ou lidar com interfaces sobrecarregadas. Animações excessivas, efeitos sonoros constantes e mudanças abruptas de estado funcionam como distratores, e a ausência de tutoriais, de objetivos claros ou de meios para retomar o progresso agrava essas dificuldades (BELARMINO et al., 2021).

Essas categorias não são estanques nem independentes: um mesmo jogador pode enfrentar barreiras de mais de um tipo, e uma solução voltada a um perfil pode beneficiar ou, em alguns casos, prejudicar outro. Há, ainda, barreiras que não se limitam a essas quatro categorias. Jogadores com limitações na fala podem ser excluídos de jogos que dependem de comandos de voz para navegação de menus, execução de comandos ou comunicação em modos multijogador — uma barreira que se torna especialmente relevante quando o objetivo do jogo é o entretenimento, e não apenas a funcionalidade (ABDOULQADIR; LOIZIDES, 2026). De forma semelhante, barreiras de caráter mais geral também afetam jogadores de diferentes perfis: a ausência de opções amplas de configuração, como ajuste de dificuldade e personalização da jogabilidade, e a falta de

transparência sobre quais recursos de acessibilidade um jogo oferece criam obstáculos a qualquer jogador que fuja do perfil para o qual o jogo foi originalmente pensado. A personalização de configurações pelo próprio jogador é apontada como uma forma de conciliar necessidades conflitantes entre diferentes perfis de deficiência (BELARMINO et al., 2021).

2.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou o conceito de acessibilidade, a definição e a classificação das Pessoas com Deficiência, os fundamentos da acessibilidade digital (com destaque para o desenho universal e sua relação com a usabilidade) e as barreiras que jogadores com diferentes perfis de deficiência podem enfrentar ao interagir com um jogo. Esses fundamentos sustentam as discussões dos próximos capítulos, que trazem um panorama da literatura sobre acessibilidade em jogos digitais e apresentam as diretrizes utilizadas na avaliação e no aprimoramento do *Flip n' Flop*.

3 Panorama da Literatura

A avaliação e o aprimoramento de acessibilidade em jogos digitais constituem um campo de pesquisa consolidado o suficiente para já contar com diversas revisões e mapeamentos sistemáticos da literatura. Em vez de conduzir um novo mapeamento sistemático, este capítulo adota uma abordagem diferente: analisa nove trabalhos sobre o tema, comparando seus recortes, métodos e achados. O objetivo é consolidar, a partir do que esses estudos já sintetizaram, um panorama das tendências e lacunas da área que fundamente as decisões metodológicas dos capítulos seguintes.

A Seção 3.1 apresenta os nove trabalhos e sintetiza seus principais atributos. A Seção 3.2 organiza a discussão em quatro dimensões: abrangência geográfica, categorias de deficiência, tipo de jogo e validação empírica com usuários. A Seção 3.3 finaliza o capítulo reunindo os principais consensos e divergências entre os trabalhos.

3.1 Trabalhos analisados

Os nove trabalhos selecionados variam quanto ao período contemplado, ao recorte geográfico, ao foco temático e à quantidade de estudos analisados. A Tabela 3.1 resume esse conjunto, e os parágrafos seguintes apresentam brevemente cada estudo.

Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011) apresentam um dos primeiros levantamentos abrangentes da área — um *survey* amplo, sem protocolo sistemático de busca ou seleção declarado, que analisa cerca de 35 jogos acessíveis catalogados por tipo de deficiência. Os autores propõem um modelo de interação em três etapas (receber estímulos, determinar a resposta e fornecer *input*) que orienta a análise de como cada categoria de deficiência afeta a capacidade de jogar. Estimam ainda que, nos Estados Unidos, cerca de 11% da população tem sua capacidade de jogar afetada por alguma deficiência, e o modelo proposto serviu de referência conceitual para diversos trabalhos posteriores.

Fortes et al. (2017) conduzem um mapeamento sobre métodos de avaliação de acessibilidade em jogos, reunindo 32 trabalhos publicados entre 2011 e 2016. O estudo

Tabela 3.1: Panorama dos trabalhos da literatura analisados.

Trabalho	Período	Escopo	Foco	Estudos
Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011)	até 2010	Internacional	Modelo de interação em três etapas e catálogo de jogos acessíveis por categoria de deficiência	–
Fortes et al. (2017)	2011 – 2016	Internacional	Métodos de avaliação de acessibilidade: validação empírica com usuário e inspeção (via heurística e diretrizes)	32
Stančin, Hoić-Božić e Mihić (2020)	até 2020	Internacional	Jogos educacionais voltados a estudantes com deficiência intelectual: tecnologias, habilidades e impactos	21
Andrade, Costa e Werneck (2021)	até 2021	Internacional	Diretrizes práticas de acessibilidade organizadas por tipo de deficiência, plataforma e público-alvo	56
Hassan (2023)	2016 – 2020	Internacional	Distribuição da pesquisa por tecnologia, categoria de deficiência e contexto de aplicação	162
Cruz et al. (2023)	2021 – 2023	Internacional	Seleção de métodos de avaliação de inspeção (heurísticas e diretrizes)	–
Mota e Duarte (2025)	2004 – 2024	Nacional	Produção científica nacional sobre acessibilidade em jogos no SBGames	24
Maia, Brancher e Calderon (2025)	2015 – 2024	Nacional	Acessibilidade em jogos do SBGames voltados a pessoas neurodivergentes	120
Abdoulqadir e Loizides (2026)	1994 – 2025	Internacional	Diretrizes de acessibilidade aplicadas a deficiências duplas em jogos móveis	61

distingue métodos baseados em usuário (testes com usuários, questionários e grupos focais) de métodos baseados em inspeção, conduzidos por especialistas sem a participação de usuários finais; estes últimos se dividem em avaliação heurística e revisão de diretrizes, sendo as diretrizes do *International Game Developers Association* (IGDA, 2026) e do *Game Accessibility Guidelines* (GAG) (ELLIS et al., 2012) as mais citadas nessa segunda modalidade. O estudo conclui que ainda não está claro se os métodos de avaliação existentes são de fato confiáveis, já que resultados podem variar conforme o avaliador, e que jogos para dispositivos móveis permanecem pouco explorados na literatura levantada.

Stančin, Hoić-Božić e Mihić (2020) revisam 21 estudos sobre o uso de jogos digitais educacionais voltados especificamente a estudantes com deficiência intelectual como limitação primária. Identificam predominância de *serious games* e do uso de computadores pessoais (PCs) como plataforma, com foco no desenvolvimento de funções intelectuais e de habilidades adaptativas. Relatam impacto positivo consistente nos 15 estudos que

incluiram avaliação, mas apontam lacunas relevantes em habilidades socioemocionais e a ausência de um *framework* consolidado para comparar resultados entre os estudos.

Andrade, Costa e Werneck (2021) apresentam um mapeamento sistemático organizado em torno de sete questões de pesquisa, adotando a categorização de deficiências proposta por Bierre et al. (2005): visual, auditiva, motora e cognitiva. O estudo consolida diretrizes práticas por tipo de deficiência e constata que a deficiência visual concentra a maior parte dos trabalhos, seguida por auditiva, motora e cognitiva, com predominância de jogos para PCs, ainda que os autores observem um crescimento na exploração de dispositivos móveis. Dos 56 estudos analisados, 17 permanecem em nível conceitual ou possuem validação limitada com usuários finais.

Hassan (2023) apresenta uma revisão de 162 estudos publicados entre 2016 e 2020, analisando a distribuição da pesquisa por tipo de tecnologia, categoria de deficiência e contexto de aplicação. Identifica forte concentração em aplicações de caráter utilitário, sobretudo nas áreas de educação e saúde, em detrimento do entretenimento, além de cobertura desigual entre categorias de deficiência. A autora também constata que tecnologias emergentes como realidade virtual, realidade aumentada e gamificação aparecem sistematicamente sub-representadas, apesar de já consolidadas no mercado.

Cruz et al. (2023) conduzem um trabalho de natureza dupla. A primeira parte é uma revisão sistemática da literatura com foco em identificar metodologias de avaliação de usabilidade e acessibilidade, e não em mapear tendências da área como os demais trabalhos desta revisão; apesar de descrever *string* de busca, bases consultadas e critérios de seleção, o artigo não declara o número de estudos efetivamente incluídos na revisão. Como resultado, os autores selecionam as heurísticas de usabilidade de Pinelle, Wong e Stach (2008) e as diretrizes do GAG. A segunda parte aplica esses instrumentos a três jogos brasileiros disponíveis na Steam, identificando problemas reais de acessibilidade e usabilidade e reforçando a importância de tratar os dois aspectos de forma integrada.

Mota e Duarte (2025) revisam duas décadas de produção científica nacional publicada no *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (SBGames), entre 2004 e 2024. Dos 2881 artigos analisados, apenas 24 apresentavam propostas concretas de acessibilidade, distribuídas desigualmente entre as categorias de deficiência visual (14), motora

(9), auditiva (7), cognitiva (2) e pessoas idosas (3). Os autores destacam que, em 2024, foi publicado no SBGames o primeiro trabalho brasileiro a propor diretrizes de acessibilidade para jogos digitais (HIRATA; KAWAMOTO; MARTINS, 2024), e observam que o evento ainda não possui uma categoria de premiação dedicada a jogos acessíveis.

Maia, Brancher e Calderon (2025) apresentam um mapeamento sistemático sobre acessibilidade para pessoas neurodivergentes nos jogos publicados no SBGames entre 2015 e 2024, identificando 65 trabalhos sobre acessibilidade em geral e 55 voltados especificamente a neurodivergências. Entre esses últimos, o Transtorno do Espectro Autista (TEA) concentra 35 publicações, muito à frente do Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) com 9 publicações e da dislexia com 2 publicações, enquanto condições como discalculia e transtornos do processamento sensorial não aparecem em nenhum trabalho analisado. Os autores observam ainda um distanciamento entre academia e indústria, com produção quase nula na trilha voltada à indústria de jogos, apesar do crescimento consistente do interesse pelo tema desde 2018.

Abdoulqadir e Loizides (2026) analisam 61 trabalhos publicados entre 1994 e 2025, investigando cinco combinações específicas de deficiências duplas concorrentes (visão e motora, fala e visão, audição e fala, fala e motora, audição e motora) em jogos móveis. O estudo identifica as GAG como a diretriz mais referenciada na área, aponta a predominância de pesquisas voltadas a deficiências visuais e constata que, apesar do foco proposto em jogos móveis, poucos estudos de fato avaliaram jogos nessa plataforma especificamente. Os autores sugerem o uso de Inteligência Artificial e Processamento de Linguagem Natural como perspectivas futuras para soluções adaptativas de acessibilidade.

3.2 Análise comparativa

A partir do panorama apresentado, esta seção compara os trabalhos sob quatro dimensões: abrangência geográfica (Subseção 3.2.1), categorias de deficiência (Subseção 3.2.2), tipo de jogo (Subseção 3.2.3) e validação empírica com usuários (Subseção 3.2.4).

3.2.1 Abrangência geográfica: nacional e internacional

Os trabalhos se dividem entre uma perspectiva internacional, sem restrição geográfica de busca, e uma perspectiva nacional. Fortes et al. (2017), Abdoulqadir e Loizides (2026), Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011) e Stančin, Hoić-Božić e Mihić (2020) representam revisões internacionais. Já Mota e Duarte (2025) e Maia, Brancher e Calderon (2025) são exclusivamente nacionais, restritas às publicações do SBGames, o que limita o escopo, mas revela especificidades do cenário brasileiro dificilmente visíveis em uma revisão internacional. Cruz et al. (2023) e Andrade, Costa e Werneck (2021), embora conduzidos por autores nacionais, analisam jogos e literatura sem restrição geográfica.

Essa divisão sugere que a produção nacional sobre o tema ainda é escassa quando comparada à internacional. Mesmo dentro do SBGames, principal evento da área no Brasil, o tema ocupa espaço reduzido: Mota e Duarte (2025) identificaram apenas 24 propostas concretas de acessibilidade entre 2881 artigos publicados ao longo de duas décadas, reforçando que, embora haja interesse crescente, a acessibilidade ainda não é prioridade na pesquisa nacional em jogos digitais.

3.2.2 Categorias de deficiência: foco único e múltiplo

A maioria dos trabalhos, como Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011), Fortes et al. (2017), Andrade, Costa e Werneck (2021), Mota e Duarte (2025) e Hassan (2023), trata as quatro categorias clássicas de deficiência (visual, auditiva, motora e cognitiva) de forma conjunta. Em contraste, três estudos adotam recorte mais específico: Abdoulqadir e Loizides (2026) focam combinações duplas de deficiência, ainda que a partir da adaptação de diretrizes originalmente pensadas para deficiências isoladas, enquanto Maia, Brancher e Calderon (2025) e Stančin, Hoić-Božić e Mihić (2020) se aprofundam na categoria cognitiva, respectivamente em neurodivergências e em deficiência intelectual como limitação primária.

Apesar dessas diferenças, um padrão se repete de forma consistente: as deficiências visuais são as mais estudadas, seguidas pelas motoras, enquanto as auditivas e cognitivas recebem sistematicamente menos atenção, tanto na literatura nacional quanto na internacional. Além disso, nenhum dos trabalhos identificou estudos que tratassem, de forma integrada e com validação empírica robusta, combinações de múltiplas defici-

ências simultâneas, o que evidencia uma lacuna relevante mesmo nos estudos voltados especificamente a esse tema, como o de Abdoulqadir e Loizides (2026).

3.2.3 Tipo de jogo: entretenimento e jogo sério

Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011) e Fortes et al. (2017) cobrem jogos digitais de forma geral, sem exigir um propósito específico. Já Stančín, Hoić-Božić e Mihić (2020) restringem a análise a jogos educacionais voltados à deficiência intelectual. Hassan (2023) identifica que a maior parte da pesquisa se concentra em aplicações de caráter utilitário, sobretudo nas áreas de saúde e educação, em detrimento do entretenimento, achado que tensiona a própria natureza lúdica dos jogos apontada por Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011). Mota e Duarte (2025) observam padrão semelhante no cenário nacional, em que o SBGames concentra diversos jogos sérios voltados a TEA e ao ensino de Libras, mas a maioria não trata a acessibilidade de forma explícita segundo o conceito formal de desenho universal.

Essa concentração em jogos sérios pode distorcer a percepção do estado geral da acessibilidade no campo, uma vez que os jogos de entretenimento, que representam a maior parcela do mercado, permanecem proporcionalmente menos estudados na literatura do que sua relevância sugeriria.

3.2.4 Validação empírica: exceção e regra

Fortes et al. (2017) destacam que os métodos de avaliação baseados em usuário aplicados a jogos ainda são, em sua maioria, adaptações de métodos tradicionais de Interação Humano-Computador, não desenvolvidos especificamente para esse domínio, e que poucos trabalhos validam suas diretrizes diretamente com pessoas com deficiência. Abdoulqadir e Loizides (2026) relatam uma média de apenas 19 participantes por estudo entre os trabalhos analisados. No cenário nacional, Mota e Duarte (2025) identificaram que, dos 53 trabalhos relevantes, apenas 24 apresentavam propostas concretas, nem todas com testes reais; de forma semelhante, Andrade, Costa e Werneck (2021) constataram que 17 dos 56 estudos permaneciam em nível conceitual ou com avaliação limitada. Stančín, Hoić-Božić e Mihić (2020) encontraram padrão próximo, com 6 dos 21 estudos sem avaliação disponível, e Maia, Brancher e Calderon (2025) apontam a ausência de avaliações com usuários

neurodivergentes como lacuna central.

Em conjunto, esses achados sugerem uma tendência sistemática de propor soluções sem submetê-las a validação empírica robusta. A participação de pessoas com deficiência nas fases de projeto e teste ainda é exceção, não regra, o que fragiliza a confiabilidade das diretrizes propostas e reforça a necessidade de uma avaliação prática mais consistente. Hassan (2023) especula que essa lacuna pode refletir, em parte, a dificuldade de recrutar participantes de certos grupos de deficiência para pesquisa: associações de PcD têm níveis desiguais de visibilidade, e algumas condições, como as de natureza psiquiátrica, são mais difíceis de identificar e raramente divulgadas publicamente.

3.3 Considerações finais

A análise transversal dos nove trabalhos revela consensos claros. Todos diagnosticam que a acessibilidade em jogos digitais permanece sub-representada na pesquisa quando comparada à acessibilidade de *softwares* convencionais ou de conteúdo *Web*, este último já consolidado por padrões amplamente adotados como o WCAG. Todos adotam, em algum grau, as mesmas quatro categorias clássicas de deficiência e encontram o mesmo padrão de desigualdade de atenção entre elas, com a categoria visual à frente, seguida da motora, da auditiva e, por último, da cognitiva. Há ainda atenção crescente a jogadores idosos, mencionada por Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011), Fortes et al. (2017), Mota e Duarte (2025) e Andrade, Costa e Werneck (2021), perfil que, embora relevante, ainda não é formalmente tratado como categoria própria pelas diretrizes tradicionais.

Um segundo consenso é o papel de destaque das *Game Accessibility Guidelines*, apontadas como principal referência da área por Abdoulqadir e Loizides (2026), Cruz et al. (2023) e Andrade, Costa e Werneck (2021), ainda que se reconheça que essas diretrizes, publicadas originalmente em 2012, demandam atualização e validação contínua diante da evolução do mercado de jogos digitais.

Observa-se, por fim, uma divergência quanto ao papel do entretenimento. Enquanto Hassan (2023) e Stančín, Hoić-Božić e Mihić (2020) tratam a acessibilidade predominantemente como meio para alcançar objetivos educacionais ou terapêuticos, Yuan, Folmer e Harris Jr. (2011) e Abdoulqadir e Loizides (2026) defendem que o entretenimento

deve permanecer como finalidade central do jogo, mesmo quando ele cumpre função pedagógica. Essa tensão é particularmente relevante para JEDs como o *Flip n' Flop*, em que há uma integração intrínseca entre as mecânicas do jogo e os objetivos pedagógicos.

Em síntese, a literatura revisada aponta para três direções que orientam este trabalho: a necessidade de adotar diretrizes consolidadas e específicas de jogos; a importância de complementar a inspeção por diretrizes com validação empírica junto a usuários; e a utilidade de uma métrica quantitativa que permita dimensionar o nível de acessibilidade alcançado. Essas diretrizes e a métrica correspondente são detalhadas no Capítulo 4.

4 Metodologias para Avaliação

O Capítulo 3 levantou um panorama da literatura sobre acessibilidade em jogos digitais, situando o cenário de pesquisa em que este trabalho se insere. A partir desse panorama, este capítulo apresenta as metodologias que fundamentam o desenvolvimento e a avaliação de acessibilidade conduzidos neste trabalho. A Seção 4.1 apresenta as formas de avaliar acessibilidade em jogos, situando as metodologias adotadas. A Seção 4.2 detalha as diretrizes de inspeção adotadas neste trabalho para orientar o desenvolvimento e a avaliação do *Flip n' Flop*. A Seção 4.3 trata do instrumento de validação empírica com jogadores. Por fim, a Seção 4.4 encerra o capítulo com as considerações finais.

4.1 Métodos de avaliação: inspeção e usuário

De acordo com Fortes et al. (2017), os métodos de avaliação de acessibilidade em jogos podem ser agrupados em dois grandes conjuntos: *métodos baseados em inspeção*, conduzidos por especialistas, e *métodos baseados em usuário*, que envolvem a participação direta de jogadores durante a avaliação.

Os métodos baseados em inspeção subdividem-se em *revisão de diretrizes*, na qual o produto é verificado item a item contra uma lista de recomendações específicas, e *avaliação heurística*, na qual o avaliador julga o produto à luz de um pequeno conjunto de princípios gerais de *design*. A avaliação heurística tem origem nos trabalhos de usabilidade em Interação Humano-Computador e foi adaptada ao contexto de jogos por propostas como a de Pinelle, Wong e Stach (2008), que definiram um conjunto de heurísticas específicas para o *design* de jogos digitais. Tais heurísticas, contudo, tratam de usabilidade, e não de acessibilidade, e por isso não são adotadas como instrumento neste trabalho. A revisão de diretrizes, por sua vez, ajusta-se melhor ao objetivo de verificar sistematicamente quais recursos de acessibilidade um jogo contempla.

Os métodos baseados em usuário, por outro lado, não verificam a conformidade do jogo com boas práticas, mas a qualidade da experiência efetivamente proporcionada

aos jogadores, por meio de testes, questionários ou entrevistas. As duas abordagens não são excludentes, mas complementares: a inspeção identifica a presença ou ausência de recursos de acessibilidade, enquanto a validação empírica avalia como esses recursos são percebidos na prática pelo jogador. Este trabalho combina as duas frentes, empregando a revisão de diretrizes (Seção 4.2) para orientar o desenvolvimento e a avaliação do *design* do jogo, e um instrumento de validação empírica (Seção 4.3) para avaliar sua recepção junto aos estudantes.

4.2 Diretrizes de acessibilidade

A revisão de diretrizes depende da escolha de um conjunto de recomendações de referência. Diversas propostas existem na literatura, com diferentes origens e escopos, entre as quais as *Game Accessibility Guidelines* (GAG) (ELLIS et al., 2012) se consolidaram como a referência mais amplamente adotada pela comunidade acadêmica. Essas diretrizes não surgiram isoladamente: sua origem remonta às 19 diretrizes publicadas em 2004 pelo IGDA (IGDA, 2026), posteriormente expandidas por outras organizações até a consolidação mais abrangente representada pelo GAG. Reconhece-se, contudo, que o GAG, publicado originalmente em 2012, demanda atualização e validação contínuas diante da evolução do mercado de jogos, o que motiva propostas complementares, como as diretrizes nacionais de Belarmino et al. (2021) e Hirata, Kawamoto e Martins (2024).

Este trabalho adota o GAG e os critérios de Belarmino et al. (2021) como as duas metodologias de inspeção que fundamentam o desenvolvimento e a avaliação do *Flip n' Flop*. A escolha se justifica pela completude e complementaridade entre elas: enquanto o GAG organiza diretrizes consolidadas pela indústria por categoria de deficiência, cobrindo seis categorias em três níveis de esforço de implementação, os critérios de Belarmino et al. (2021) sistematizam recomendações acadêmicas voltadas especificamente a Jogos Educacionais Digitais (JEDs), organizadas por componente de jogo segundo o *framework Mechanics, Dynamics, Aesthetics* (MDA). As diretrizes de Hirata, Kawamoto e Martins (2024), embora relevantes no cenário nacional, cobrem apenas as deficiências visual e auditiva, um escopo mais restrito do que o das duas metodologias adotadas.

4.2.1 *Game Accessibility Guidelines*

As *Game Accessibility Guidelines* (GAG) (ELLIS et al., 2012) constituem um conjunto de 123 diretrizes desenvolvido por profissionais e pesquisadores da indústria de jogos, reunidas e mantidas publicamente na *Web*⁴ desde 2012. Seu objetivo é oferecer recomendações práticas para auxiliar desenvolvedores a incorporar acessibilidade em seus projetos, abrangendo diferentes gêneros e plataformas.

As diretrizes são organizadas em seis categorias. Além das quatro categorias clássicas de deficiência, já discutidas na Seção 2.3, o GAG trata separadamente a deficiência de fala e acrescenta uma categoria geral, voltada a recomendações que não se restringem a um perfil específico. As categorias são, assim: *motora*, *cognitiva*, *visão*, *audição*, *fala* e *geral*. As categorias motora e cognitiva correspondem, em linhas gerais, às categorias física e intelectual já discutidas; a categoria cognitiva, no entanto, tem escopo mais amplo, uma vez que nem o TEA nem o TDAH são, por definição, deficiências intelectuais, mas pessoas com essas condições podem enfrentar dificuldades enquadradas nessa categoria. Cada diretriz é ainda classificada em um de três níveis de dificuldade de implementação: *básico*, *intermediário* ou *avançado*. Essa classificação resulta do equilíbrio entre três fatores: *alcance* (número de jogadores beneficiados), *impacto* (a diferença que a diretriz representa para esses jogadores) e *custo* (o esforço de implementação exigido do desenvolvedor). Diretrizes básicas tendem a beneficiar uma ampla gama de jogadores com baixo custo de implementação, enquanto as avançadas costumam atender necessidades mais específicas, exigindo maior esforço.

Para facilitar as referências ao longo deste trabalho, cada diretriz recebeu um identificador único iniciado por **GAG-** (e.g., **GAG-VI08**, referente à oitava diretriz da categoria visão, nível intermediário). A convenção completa de codificação é detalhada no início do Apêndice A, onde se encontra a tabela com todas as diretrizes. Como a organização por categoria de deficiência reflete barreiras que frequentemente se sobrepõem, algumas diretrizes aparecem em mais de uma categoria; nesses casos, sua ocorrência relacionada é indicada por referência cruzada entre os identificadores correspondentes na tabela do apêndice.

⁴<<https://gameaccessibilityguidelines.com>>

4.2.2 Critérios de acessibilidade MDA

Belarmino et al. (2021) propõem um conjunto de critérios de acessibilidade voltado especificamente a JEDs, construído a partir de um mapeamento sistemático da literatura sobre acessibilidade e desenho universal em jogos. Diferentemente do GAG, que nasceu de práticas consolidadas pela indústria de jogos comerciais, a proposta resulta de uma sistematização acadêmica direcionada ao contexto educacional.

Os critérios são organizados segundo o *framework* MDA, proposto originalmente por Hunicke et al. (2004) para descrever jogos a partir de três camadas: a *mecânica* (*Mechanics*), que corresponde às regras e sistemas do jogo no nível de dados e algoritmos; a *dinâmica* (*Dynamics*), que descreve o comportamento resultante da interação entre o jogador e essas regras; e a *estética* (*Aesthetics*), que se refere à resposta sensorial e emocional provocada pela experiência. Enquanto o GAG organiza suas diretrizes por perfil de deficiência, Belarmino et al. (2021) organizam seus critérios por componente de jogo, oferecendo uma perspectiva complementar sobre o mesmo problema.

A partir da literatura analisada, os autores identificam critérios de acessibilidade voltados ao desenho universal (a proposta de criar produtos utilizáveis por todas as pessoas, com ou sem deficiência, sem necessidade de adaptação), presente em 42,9% dos trabalhos mapeados. Esses critérios estão distribuídos de forma desigual entre as três camadas do MDA: 5 em mecânica, 15 em dinâmica e 34 em estética. A concentração em estética indica maior atenção da literatura à acessibilidade das interfaces (cores, textos, elementos visuais e sonoros) do que aos aspectos de mecânica e dinâmica do jogo. Cada critério é associado a uma ou mais categorias de deficiência para as quais se mostrou relevante na literatura analisada: *visual*, *auditiva*, *intelectual*, TEA, *física*, ou *desenho universal*, esta última reunindo critérios voltados a múltiplas deficiências ou que também beneficiam pessoas sem deficiência. Diferentemente do GAG, cujas diretrizes podem se repetir em mais de uma categoria de deficiência, cada critério de Belarmino et al. (2021) aparece uma única vez, dentro de seu grupo temático na camada correspondente do MDA; suas associações com múltiplas categorias de deficiência são registradas como atributos desse único critério, e não como entradas repetidas.

Um aspecto relevante levantado por Belarmino et al. (2021) é a existência de cri-

térios conflitantes, sobretudo na camada estética. Por exemplo, enquanto alguns estudos recomendam evitar animações e efeitos sonoros, por serem distratores para pessoas com deficiência intelectual, outros recomendam justamente o uso de animações simples ou de efeitos sonoros para favorecer a imersão ou orientar jogadores com deficiência visual. Esse tipo de tensão evidencia que atender simultaneamente diferentes perfis de deficiência em um mesmo jogo é um desafio de *design*, e não apenas uma questão de acumular recursos.

À semelhança do GAG, cada critério recebeu neste trabalho um identificador único iniciado por BEL-, (e.g., BEL-D34, referente à quarta diretriz do terceiro grupo da camada dinâmica). A convenção completa é detalhada no início do Apêndice B, onde se encontra a tabela com todos os critérios.

4.2.3 Nível de Acessibilidade

A adoção de listas de diretrizes permite não apenas verificar individualmente cada recomendação, mas também quantificar o grau de acessibilidade de um jogo. Nesse sentido, Silva, Souza e Santos (2024) propõem o Nível de Acessibilidade (NA), uma métrica que expressa, em porcentagem, a proporção de diretrizes atendidas entre as diretrizes aplicáveis a um jogo. A fórmula original é:

$$NA = \frac{NDA}{NDA + NDNA} \quad (4.1)$$

onde NDA é o número de diretrizes atendidas e $NDNA$ é o número de diretrizes não atendidas, considerando apenas as diretrizes cujo conteúdo se aplica ao contexto do jogo avaliado. Ao aplicar essa fórmula aos 20 jogos mais populares do ano de 2023 na plataforma Steam, Silva, Souza e Santos (2024) encontram um NA médio de 86,45%. O cálculo original restringe-se às diretrizes do nível básico do GAG, que cobrem as quatro categorias clássicas de deficiência (motora, cognitiva, visão e audição), excluindo fala e geral.

Embora proposto especificamente para o GAG, o NA é, em essência, uma métrica genérica: a razão entre itens atendidos e itens aplicáveis pode ser calculada para qualquer conjunto de diretrizes ou critérios. Este trabalho aproveita essa generalidade para aplicar a mesma métrica também aos critérios de Belarmino et al. (2021), permitindo comparar o nível de acessibilidade alcançado pelos dois instrumentos.

A metodologia original classifica cada diretriz aplicável ao jogo de forma binária, como atendida ou não atendida. Neste trabalho, optou-se por diferenciar itens parcialmente implementados, dada a granularidade permitida pela avaliação detalhada de cada um. A Equação 4.1 foi então adaptada para:

$$NA = \frac{NDA + 0,5 \cdot NDP}{NDA + NDP + NDNA} \quad (4.2)$$

onde NDP é o número de itens parcialmente atendidos, ponderados pela metade do peso de um item totalmente atendido, de modo a evitar que implementações parciais superestimem o nível de acessibilidade real do jogo.

Neste trabalho, o cálculo do NA para as diretrizes do GAG é estratificado de duas formas complementares: pelas seis categorias de deficiência e pelos três níveis de dificuldade. Diretrizes repetidas dentro de um mesmo grupo de estratificação são contabilizadas uma única vez; quando a repetição ocorre entre grupos distintos, cada ocorrência é mantida, já que o item é igualmente relevante para cada grupo ao qual pertence. Já o NA para os critérios de Belarmino et al. (2021) é estratificado pelas três camadas do *framework* MDA. Os resultados da aplicação da métrica ao *Flip n' Flop*, em ambos os instrumentos, são apresentados no Capítulo 5.

4.3 Avaliação empírica com o MEEGA+

A inspeção por diretrizes verifica a presença de recursos de acessibilidade no jogo, mas não avalia como os jogadores efetivamente percebem a experiência proporcionada. Para essa avaliação, este trabalho adota o modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019), um instrumento originalmente desenvolvido para a avaliação de jogos voltados ao ensino de Computação e posteriormente estendido a outros contextos educacionais (WANGENHEIM; PETRI; BORGATTO, 2025).

O MEEGA+ avalia a qualidade de um jogo educacional por meio de dois fatores: a *usabilidade* e a *experiência do jogador*. O fator de usabilidade reúne as subdimensões de *estética*, *aprendizibilidade*, *operabilidade*, *acessibilidade* e *proteção contra erros*; o fator de experiência do jogador reúne as subdimensões de *confiança*, *desafio*, *satisfação*, *interação*

social, diversão, atenção focada, relevância e aprendizagem percebida. O questionário do modelo inicia-se com um bloco de perguntas demográficas, que caracteriza o perfil da amostra (idade, gênero e frequência de uso de jogos), seguido pelos 35 itens fixos do instrumento, respondidos em escala Likert, aos quais se somam itens adicionais na dimensão de aprendizagem percebida (customizados de acordo com os objetivos de aprendizagem específicos de cada jogo avaliado). Por fim, o instrumento apresenta três questões abertas, nas quais os respondentes indicam pontos fortes do jogo, sugestões de melhoria e comentários adicionais (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019). O modelo é sistematicamente validado, tendo sido aplicado em uma ampla variedade de jogos e domínios de conhecimento desde sua publicação (WANGENHEIM; PETRI; BORGATTO, 2025).

Embora contemple uma subdimensão de acessibilidade, esta é composta por apenas três itens, relativos à legibilidade das fontes, à compreensão das cores e à personalização da aparência. Trata-se, portanto, de uma cobertura limitada dentro de um instrumento mais amplo, e não de um questionário dedicado à acessibilidade. Essa limitação não é exclusiva do MEEGA+. Entre os instrumentos padronizados usados na avaliação empírica de jogos, como o *System Usability Scale* (SUS) (BROOKE, 1996), o *Game Experience Questionnaire* (GEQ) (IJSELSTEIJN; KORT; POELS, 2013) e o *Computer System Usability Questionnaire* (CSUQ) (LEWIS, 1995), nenhum contempla nativamente uma dimensão de acessibilidade, por serem voltados à usabilidade geral ou à experiência do jogador. Some-se a isso o fato de que a validação empírica com jogadores é pouco frequente na área: Abdoulqadir e Loizides (2026) observam que poucos estudos empregam questionários estruturados de experiência de jogo, e Fortes et al. (2017) apontam que vários trabalhos recorrem a questionários próprios, sem validação. Nesse cenário, o MEEGA+ destaca-se por ser um instrumento validado, voltado a jogos educacionais e que já incorpora, ainda que de forma limitada, uma preocupação com a acessibilidade.

Para suprir essa limitação, este trabalho estende o MEEGA+ com um conjunto de itens adicionais, elaborados a partir das funcionalidades de acessibilidade implementadas no *Flip n' Flop*. O instrumento completo, com os itens originais e os acrescentados, encontra-se no Apêndice C. Os itens adicionais são retomados e detalhados no Capítulo 6, junto da aplicação do instrumento e da discussão de seus resultados.

4.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou as metodologias que fundamentam o desenvolvimento e a avaliação de acessibilidade deste trabalho. Para orientar e inspecionar o *design* do jogo, adotaram-se duas propostas complementares: o GAG, que organiza diretrizes consolidadas pela indústria por categoria de deficiência e nível de esforço de implementação, e os critérios de Belarmino et al. (2021), que sistematizam recomendações acadêmicas voltadas a JEDs segundo as camadas do *framework* MDA. Embora partam de origens e lógicas de organização distintas, muitos de seus critérios são convergentes, tratando das mesmas recomendações de *design* sob perspectivas diferentes, de modo que seu uso conjunto amplia a cobertura da avaliação. Para quantificar o grau de acessibilidade alcançado por ambos os instrumentos, adotou-se e estendeu-se o Nível de Acessibilidade (NA) proposto por Silva, Souza e Santos (2024). Para a validação empírica junto aos estudantes, adotou-se o modelo MEEGA+, estendido com itens específicos de acessibilidade.

O Capítulo 5 aplica essas metodologias de inspeção ao *Flip n' Flop*, apresentando como o GAG e os critérios de Belarmino et al. (2021) orientaram tanto a implementação de novas funcionalidades de acessibilidade quanto a avaliação do estado atual do jogo, incluindo o cálculo do Nível de Acessibilidade. O Capítulo 6, por sua vez, apresenta a avaliação empírica realizada com os estudantes por meio do MEEGA+ estendido.

5 Acessibilidade no JED *Flip n' Flop*

Tendo apresentado, nos capítulos anteriores, os fundamentos de acessibilidade, o panorama da literatura da área e as metodologias adotadas neste trabalho, este capítulo discute como as diretrizes do GAG e os critérios propostos por Belarmino et al. (2021) orientaram tanto a implementação das funcionalidades de acessibilidade do JED *Flip n' Flop* quanto a inspeção do seu estado atual à luz desses dois instrumentos. A Seção 5.1 descreve as funcionalidades de acessibilidade atualmente implementadas, relacionando-as às diretrizes do GAG e aos critérios de Belarmino et al. (2021). A Seção 5.2 apresenta o cálculo do Nível de Acessibilidade (NA) do jogo, e a Seção 5.3 discute oportunidades de melhoria ainda não implementadas. Por fim, a Seção 5.4 encerra o capítulo.

5.1 Itens de acessibilidade no jogo

Esta seção descreve as funcionalidades de acessibilidade já incorporadas ao *Flip n' Flop*. As diretrizes do GAG e os critérios de Belarmino et al. (2021), apresentados no Capítulo 4, orientaram tanto a implementação quanto a inspeção das funcionalidades a seguir. Cada uma é acompanhada da diretriz ou critério correspondente entre parênteses, seguido da indicação de status quando este for diferente de totalmente atendido (*parcial*, *não atendida* ou *não aplicável*), permitindo o rastreamento direto às tabelas dos Apêndices A e B. As funcionalidades estão organizadas em quatro frentes: os recursos já incorporados por padrão ao jogo, independentemente de qualquer ação do jogador (Subseção 5.1.1); os ajustes que o próprio jogador pode configurar (Subseção 5.1.2); os mecanismos de apoio e orientação oferecidos durante a jogabilidade (Subseção 5.1.3); e os recursos de *feedback* e comunicação com o jogador (Subseção 5.1.4).

5.1.1 Recursos incorporados por padrão

Esta subseção reúne as funcionalidades que já vêm prontas no *Flip n' Flop*, sem exigir configurações por parte do jogador e que estão próximas do princípio de desenho universal.

Controles e *input*. Os controles do jogo são simples e previsíveis (GAG-MB02, BEL-D35), com sete ações básicas, conforme exibido na Tabela 5.1. Nas mecânicas do jogo, nenhuma ação exige o pressionamento simultâneo de duas teclas diferentes (GAG-MI10 – parcial); essa garantia é apenas parcial porque, como o jogo permite a criação de fases personalizadas, o posicionamento de obstáculos em uma fase customizada pode eventualmente exigir a combinação de pulo e *dash* para sua superação, dependendo de como o autor da fase a projetou. Quanto à necessidade de manter botões pressionados (GAG-MI14 – parcial), apenas a movimentação horizontal exige que a tecla correspondente seja mantida, o que decorre naturalmente da mecânica de deslocamento contínuo da personagem; as demais ações são executadas com um único toque. O jogo também não exige sequências rápidas de botões repetidos (GAG-MI12), e todas as ações são realizadas por comandos digitais discretos, sem exigir formas de entrada mais complexas, como controles analógicos de precisão, comandos de voz ou reconhecimento de gestos (GAG-MI11, GAG-VA26).

Tabela 5.1: Mapeamento padrão de teclas no jogo *Flip n' Flop*.

Ação	Tecla padrão
Andar para a esquerda	<i>A</i> ou ←
Andar para a direita	<i>D</i> ou →
Trocar de plataforma	<i>W</i> ou ↑ / <i>S</i> ou ↓
Pular	Barra de espaço
Arrancar (<i>dash</i>)	<i>Shift</i>
Ativar/desativar linhas de ajuda	<i>H</i>
Exibir dica da próxima operação	<i>B</i>

Os elementos interativos do menu, como botões, *sliders* e seletores, foram dimensionados para serem grandes e bem espaçados (GAG-MB05, GAG-VB07, BEL-A81), permanecem em posições fixas na tela (GAG-MI09), e toda a interface é navegável pelo mesmo método de entrada usado na jogabilidade (GAG-MB03). O jogo também não possui nenhuma fase ou tarefa com limite de tempo para conclusão, sendo o tempo contabilizado apenas para fins de pontuação. Isso torna as diretrizes sobre exigência de precisão temporal não aplicáveis ao *Flip n' Flop* (GAG-MA20 – não aplicável, BEL-M11 – não aplicável). Mesmo os obstáculos móveis seguem trajetórias previsíveis e rastreáveis, permitindo que o jogador observe seu padrão de movimento e tome uma decisão consciente sobre o momento de agir (GAG-CA27 – parcial).

Texto e linguagem. O jogo adota a fonte *Exo 2*⁵, ilustrada na Figura 5.1, em todos os elementos textuais da interface. Esta é uma fonte sem serifa e de fácil leitura (GAG-CB02, GAG-VB04, BEL-A81, BEL-A83). A formatação dos textos é simples, sem itálicos excessivos, sublinhados decorativos ou outros estilos que dificultem a leitura (GAG-CB04, GAG-VB05, BEL-A84). A linguagem usada nos menus, instruções e mensagens do jogo foi pensada para ser clara, direta e sem ambiguidade (GAG-CB03, BEL-A85, BEL-A103). A interface como um todo foi projetada para apresentar as informações de forma organizada, sem elementos desnecessários (BEL-A102), mantendo o foco no que é relevante para o jogo.

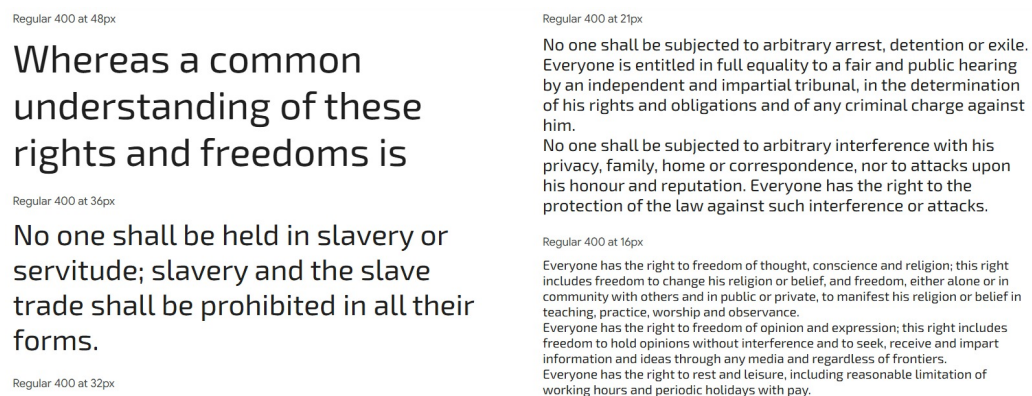


Figura 5.1: Fonte *Exo 2*, utilizada na interface do jogo.

Visual padrão. A interface do jogo, botões, textos e elementos de *Heads-Up Display* (HUD) mantêm alto contraste entre seus elementos visuais e o fundo (GAG-VB06, BEL-A21). A quantidade de cores distintas utilizadas simultaneamente por padrão também foi mantida reduzida (BEL-A24 – parcial), evitando sobrecarga visual. Os elementos gráficos do personagem foram desenvolvidos para esta versão, com boa definição e nitidez nas animações (BEL-A11 – parcial, BEL-A12 – parcial). A paleta padrão de cores do cenário principal (fundo azul com sinais em tons de azul, laranja e branco) ainda carece de uma identidade artística definida, podendo não trazer o contraste ideal entre os sinais (BEL-A25 – parcial); essa limitação é mitigada pelas ferramentas de personalização de cores descritas na Subseção 5.1.2, ainda que a configuração padrão do jogo possa ser revisada em trabalhos futuros. O jogo utiliza músicas autorais distintas para os menus e para a jogabilidade, além de efeitos sonoros associados à movimentação da personagem (BEL-A12 – parcial);

⁵<<https://fonts.google.com/specimen/Exo+2>>

ainda não foram implementados efeitos sonoros para outros eventos, como cair em um buraco, colidir com uma pedra ou concluir uma fase, de modo que o *design* sonoro distinto por evento é considerado apenas parcialmente atendido (GAG-VA28 – parcial).

Estabilidade sensorial. O jogo não apresenta imagens piscantes nem oscilantes, muito embora os sinais de um diagrama de tempo sejam naturalmente padrões visuais repetitivos que possam causar algum desconforto (GAG-CB07 – parcial). As animações da personagem e dos obstáculos são simples em termos de quantidade de movimentos e velocidade (BEL-A91) e as fases evitam eventos súbitos e inesperados, como transições abruptas de tela ou efeitos sonoros imprevisíveis (GAG-CA27 – parcial).

5.1.2 Personalização e ajustes pelo jogador

Além dos recursos incorporados por padrão, o *Flip n' Flop* disponibiliza um menu de configurações com amplo conjunto de variáveis ajustáveis (GAG-GI13 – parcial), permitindo que o jogador personalize a experiência conforme suas necessidades.

Controles. O jogo disponibiliza um sistema completo de remapeamento de teclas no menu de configurações, implementado por meio do *Input System* da *Unity*, que permite associar qualquer ação a uma tecla de preferência do jogador (GAG-MB01), como ilustrado na Figura 5.2. Além do teclado, o jogo oferece suporte a *gamepad* (GAG-MI08, BEL-D31 – parcial), ampliando seu alcance para diferentes perfis de usuário.

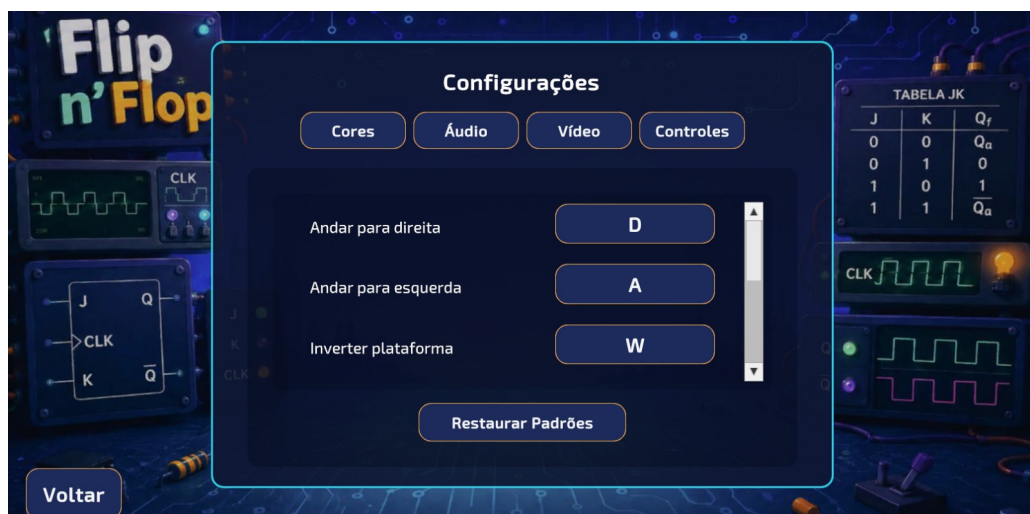


Figura 5.2: Menu de configurações de controles.

Áudio. O jogo disponibiliza controles de volume separados para música de fundo, efeitos sonoros e volume geral (GAG-CI19, GAG-VI18, GAG-AB02, BEL-A34), com *sliders* de ajuste independentes, como ilustrado na Figura 5.3. Essa separação permite ao jogador alterar a experiência sonora conforme sua preferência ou necessidade.



Figura 5.3: Menu de configurações de áudio.

Vídeo. O menu de configurações disponibiliza um *slider* de ajuste de contraste da imagem de fundo, como ilustrado na Figura 5.4. Esse contraste é implementado como uma sobreposição de opacidade variável, permitindo que o jogador possa escurecer ou clarear o fundo, o que pode ajudar a reduzir distrações visuais e a concentrar a atenção nas linhas do diagrama, elemento central da jogabilidade (GAG-VI13, BEL-A23). A Figura 5.5 ilustra diferentes configurações deste parâmetro.



Figura 5.4: Menu de configurações de vídeo.

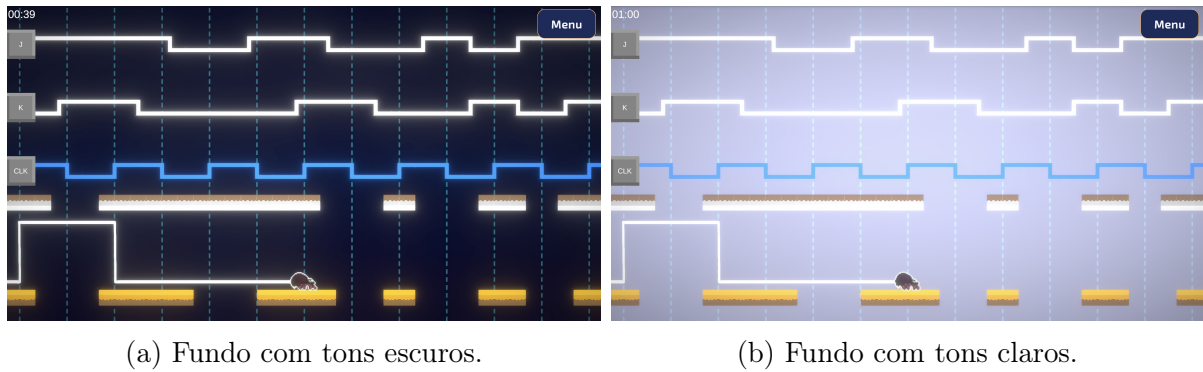
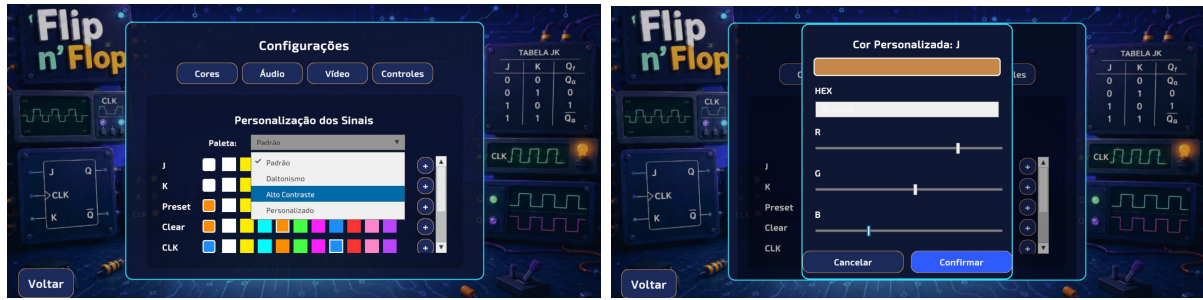


Figura 5.5: Exemplos de contraste de fundo modificado.

Cores. Para atender a diferentes condições visuais, o jogo implementa um menu de personalização de cores das linhas do diagrama de tempo, ilustrado na Figura 5.6. Como mostra a Figura 5.7a, o menu oferece paletas de acessibilidade predefinidas, incluindo modos voltados para daltonismo e alto contraste (BEL-A22). A implementação de paletas específicas para daltonismo é motivada pela relevância dessa condição no contexto de jogos digitais, onde estudos mostram que a ausência de suporte adequado a usuários daltônicos pode comprometer significativamente a jogabilidade (MONTEIRO et al., 2022; PINHEIRO; VIANA; DARIN, 2023). Além das paletas predefinidas, o jogador pode personalizar livremente a cor de cada sinal e também as cores de *feedback* de resposta, por meio de um seletor de cores RGB, como ilustrado na Figura 5.7b. Essa personalização, como exemplificada na Figura 5.8, abrange as cores das linhas do diagrama, mas não se estende à cor do texto da interface, que permanece fixa (GAG-CI22 – parcial).



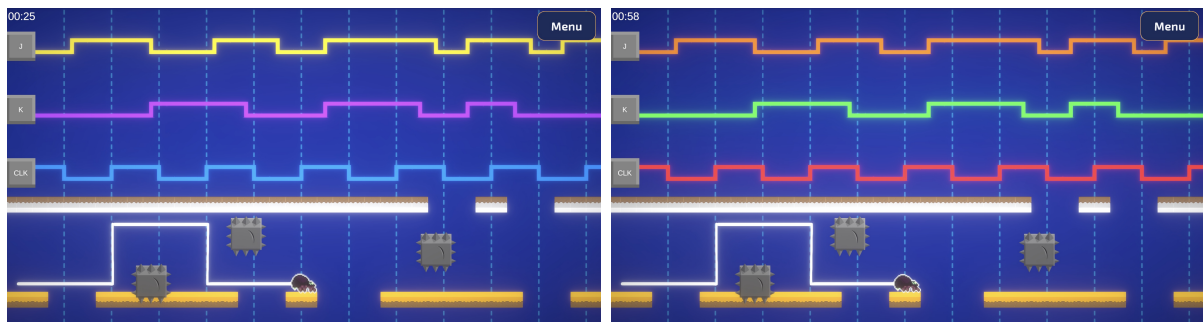
Figura 5.6: Menu de configurações de cores.



(a) Paletas de cores pré-definidas.

(b) Seletor de cores RGB individual.

Figura 5.7: Paletas e seletores RGB para cores dos sinais do diagrama.



(a) Cores pré-definidas para daltonismo.

(b) Cores personalizadas.

Figura 5.8: Exemplos de cores nos sinais do diagrama de tempo.

Persistência e manutenção. Todas as configurações de acessibilidade definidas pelo jogador, incluindo remapeamento de teclas, níveis de volume, paleta de cores dos sinais e ajuste de contraste, são automaticamente salvas no contexto do navegador em que o jogo é executado, por meio da classe `PlayerPrefs` da *Unity* (GAG-GB04 – parcial). O protótipo atual, contudo, não implementa um sistema de perfis, de modo que as configurações não podem ser recuperadas em outro computador ou navegador, nem diferenciadas entre jogadores que compartilham o mesmo dispositivo. A avaliação empírica conduzida com estudantes, apresentada no Capítulo 6, representa uma primeira tentativa de solicitar *feedback* de acessibilidade (GAG-GB05 – parcial) e de incluir pessoas com deficiência entre os participantes de testes (GAG-GI07 – parcial), ainda que sem constituir um processo estruturado e contínuo.

5.1.3 Apoio e orientação ativa

Esta subseção reúne os mecanismos que orientam o jogador ao longo da experiência, ajudando-o a compreender as mecânicas e a progredir pelo conteúdo do jogo.

Menu “Como Jogar”. Como apoio à compreensão das mecânicas, o jogo conta com um menu de tutorial estático, ilustrado na Figura 5.9. Este menu descreve o objetivo do jogo e detalha o funcionamento de todos os controles e ações disponíveis (BEL-D16, BEL-D34). Por não oferecer um formato interativo, como uma fase de prática guiada, esse menu não atende à diretriz que recomenda tutoriais interativos (GAG-CB05 – não atendida). Por outro lado, como pode ser acessado a qualquer momento durante o jogo (mantendo o tempo pausado enquanto está aberto), o menu permite ao jogador relembrar os controles e revisitar as instruções sempre que necessário (GAG-CI10 – parcial, GAG-CA28 – parcial).

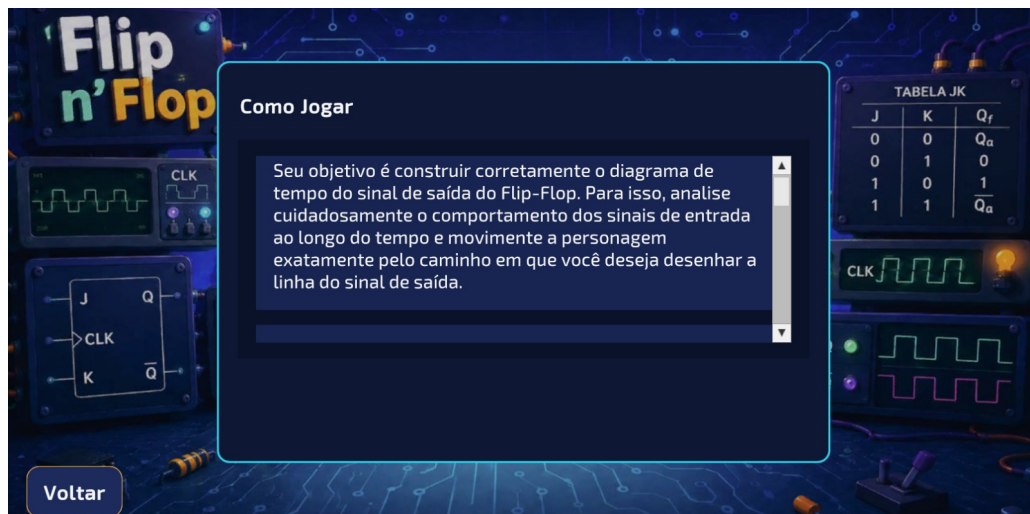
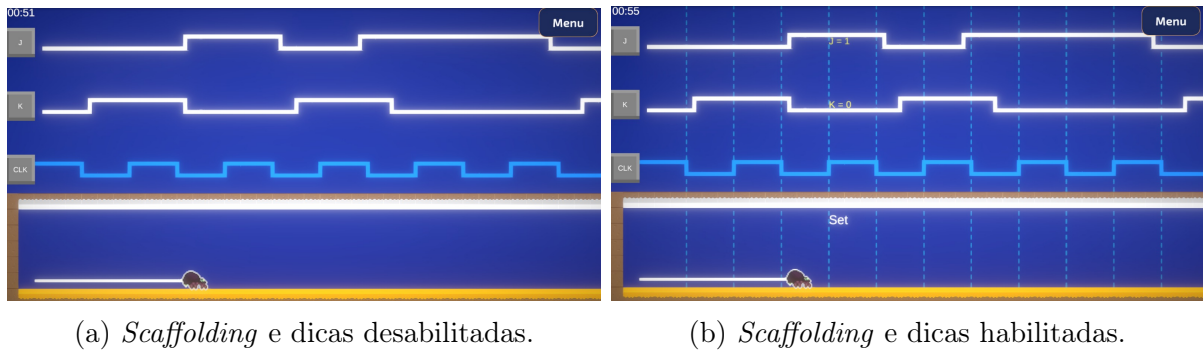


Figura 5.9: Menu “Como Jogar”.

Scaffolding e dicas. Os mecanismos de *scaffolding* e dicas funcionam como ajuda contextual acessível a qualquer momento durante o jogo (GAG-CI08, BEL-D14), auxiliando o jogador sem interromper o fluxo do jogo (BEL-D15). A Figura 5.10 contrasta visualmente estes mecanismos desabilitados e habilitados. As linhas verticais pontilhadas indicam os instantes em que pode ocorrer uma mudança no sinal de saída do *flip-flop*, sincronizadas com a transição ativa do *clock* e com eventuais sinais assíncronos; essa opção pode ser ativada ou desativada pelo jogador a qualquer momento por meio da tecla *H*. Já a dica sobre a próxima operação lógica pode ser solicitada por meio da tecla *B*, exibindo uma mensagem temporária na posição correspondente do diagrama em que a operação ocorrerá, o que preserva sua relevância contextual (GAG-VI19). Essa dica permanece visível por um tempo fixo antes de desaparecer, ainda que possa ser solicitada novamente a qualquer momento (GAG-CB06 – parcial, BEL-A101).

Figura 5.10: Mecanismos de *scaffolding* e dicas.

Progressão e estrutura de fases. Como ilustra a Figura 5.11, o acesso ao jogo é direto a partir do menu principal para o menu de seleção de fases, sem necessidade de navegar por múltiplos níveis de menus para iniciar uma partida (GAG-CB01). Os desafios propostos em cada fase são apresentados de forma clara e objetiva (BEL-M31), com os sinais de entrada do *flip-flop* e obstáculos visíveis desde o início. As nove fases são organizadas em progressão crescente de dificuldade (BEL-D12), utilizando conhecimentos construídos anteriormente como base para os desafios seguintes (BEL-M32): as primeiras fases ensinam os controles básicos e operações síncronas simples, e as subsequentes introduzem gradualmente novos obstáculos, operações mais complexas e sinais assíncronos. Essa progressão gradual é, em si, uma estratégia de acessibilidade cognitiva, na medida em que reduz a carga de informação processada simultaneamente pelo jogador. O jogador pode ainda retornar ao menu principal, recomeçar ou selecionar outra fase a qualquer momento (BEL-M21 – parcial). Não há punições que impeçam a conclusão da fase por erros durante a construção do diagrama, já que o jogador pode retroceder no cenário e corrigir o trajeto livremente. A única consequência de erros ou hesitação é uma redução na pontuação final, calculada com base no tempo utilizado, na precisão do diagrama construído e no uso de dicas.

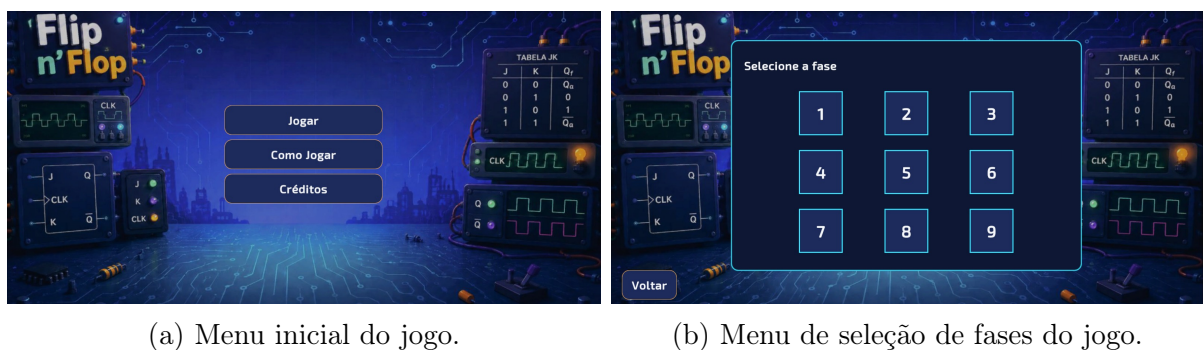


Figura 5.11: Menus inicial e de seleção de fases.

5.1.4 *Feedback* e comunicação

Para garantir que informações essenciais não sejam transmitidas exclusivamente por cor (GAG-VB01, BEL-A104), o jogo combina cor e forma na apresentação do *feedback* ao final de cada fase (BEL-A56). Como ilustrado na Figura 5.12, por padrão, os trechos corretos do diagrama são exibidos em verde com linha contínua, enquanto os trechos incorretos aparecem em vermelho com linha tracejada. Vale destacar que essas cores podem ser personalizadas no menu de cores. Esse retorno é acompanhado por uma mensagem textual no centro da tela, informando se a resposta está correta ou incorreta (BEL-A52). Esse retorno, no entanto, atende apenas parcialmente à ideia de reforço positivo/negativo, pois tanto a mensagem quanto o sistema de pontuação (que também penaliza hesitações e o uso de dicas) só se manifestam ao final da fase, sem reforço explícito durante a jogabilidade (BEL-A51 – parcial).

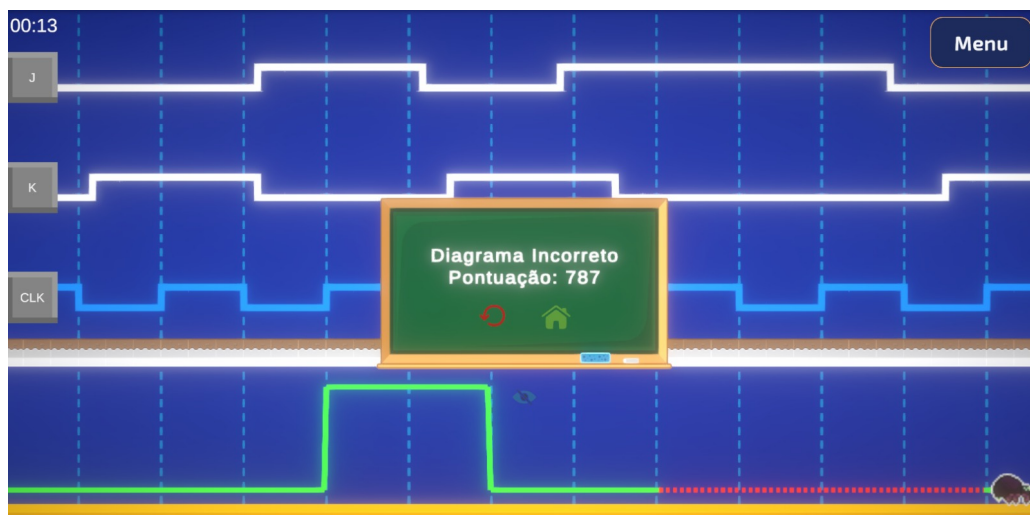


Figura 5.12: *Feedback* ao final de uma fase.

5.2 Nível de Acessibilidade

Esta seção apresenta o Nível de Acessibilidade (NA) do *Flip n' Flop*, calculado segundo a metodologia apresentada na Subseção 4.2.3, a partir da classificação individual das diretrizes do GAG (Apêndice A) e dos critérios de Belarmino et al. (2021) (Apêndice B).

As Tabelas 5.2 e 5.3 apresentam o NA das diretrizes do GAG, estratificado por categoria de deficiência e por nível de dificuldade de implementação, respectivamente.

Em ambas, a coluna *Diretrizes* indica o número de diretrizes originalmente pertencentes àquele grupo (sem duplicatas), *Aplicáveis* indica quantas delas se aplicam ao contexto do *Flip n' Flop*, e *Atendidas* indica, no formato $X + Y$, quantas estão totalmente (X) ou parcialmente (Y) atendidas. Como algumas diretrizes se repetem entre categorias, a linha *Total* da Tabela 5.2 não corresponde à soma aritmética das linhas anteriores.

Tabela 5.2: Nível de Acessibilidade por categoria de deficiência do GAG.

Categoria	Diretrizes	Aplicáveis	Atendidas	NA
Motora	22	15	8 + 2	60,0%
Cognitiva	30	21	6 + 6	42,9%
Visão	30	17	9 + 1	55,9%
Audição	18	3	1 + 0	33,3%
Fala	7	0	0 + 0	—
Geral	16	13	0 + 4	15,4%
Total	105	59	18 + 13	41,5%

Tabela 5.3: Nível de Acessibilidade por dificuldade de implementação do GAG.

Nível	Diretrizes	Aplicáveis	Atendidas	NA
Básico	28	20	11 + 4	65,0%
Intermediário	56	29	8 + 6	37,9%
Avançado	25	13	1 + 3	19,2%
Total	105	59	18 + 13	41,5%

A Tabela 5.4 apresenta o mesmo cálculo do NA aplicado aos critérios de Belarmino et al. (2021), estratificado por camada do *framework* MDA.

Tabela 5.4: Nível de Acessibilidade por camada do *framework* MDA.

Camada	Critérios	Aplicáveis	Atendidos	NA
Mecânica	5	3	2 + 1	83,3%
Dinâmica	15	12	6 + 1	54,2%
Estética	34	27	15 + 5	64,8%
Total	54	42	23 + 7	63,1%

Os resultados por nível de dificuldade do GAG evidenciam um padrão esperado: o NA decresce conforme aumenta a complexidade de implementação das diretrizes, de 65,0% no nível básico para 37,9% no intermediário e 19,2% no avançado. Já a comparação entre os dois instrumentos revela um NA consideravelmente mais alto para os critérios

de Belarmino et al. (2021) (63,1%) do que para o conjunto completo do GAG (42,7%), o que é consistente com a natureza mais restrita e coesa do trabalho de Belarmino et al. (2021): por tratar-se de um recorte de critérios voltados especificamente ao desenho universal, tende a cobrir aspectos que o *Flip n' Flop* já atende com mais frequência do que o conjunto amplo e heterogêneo de diretrizes do GAG.

Para fins de comparação direta com o NA médio de 86,45% reportado por Silva, Souza e Santos (2024) para jogos comerciais, deve-se considerar apenas as diretrizes básicas das quatro categorias clássicas (motora, cognitiva, visão e audição), que resultam em um NA de 80,0% para o *Flip n' Flop*. Esse valor fica ligeiramente abaixo da média dos jogos comerciais avaliados por Silva, Souza e Santos (2024), mas ainda assim representa um patamar próximo, notável considerando que o *Flip n' Flop* é um jogo em desenvolvimento acadêmico, com recursos de desenvolvimento incomparáveis aos dos títulos comerciais analisados naquele estudo.

5.3 Oportunidades de melhoria

Embora os resultados do NA indiquem uma base sólida de acessibilidade, especialmente nas diretrizes básicas, diversas diretrizes do GAG e do *framework* de Belarmino et al. (2021) são entendidas como aplicáveis mas ainda não foram implementadas, representando oportunidades relevantes de melhoria para versões futuras do *Flip n' Flop*.

5.3.1 Tecnologias assistivas e personalização adicional

Uma das lacunas mais significativas está relacionada ao suporte a tecnologias assistivas para jogadores com deficiência visual severa. Atualmente, toda a interface do jogo é puramente visual, sem qualquer suporte a leitores de tela, o que afeta tanto os menus do jogo, incluindo o tutorial estático “Como Jogar”, quanto a própria jogabilidade (GAG-VA27, BEL-D41). Implementar rótulos acessíveis nos elementos de interface, de modo que leitores de tela consigam interpretá-los, representaria um esforço considerável de desenvolvimento, mas com grande impacto para jogadores cegos ou com baixa visão severa. De forma complementar, o jogo ainda não suporta esquemas de controle compatíveis com tecnologias

assistivas como *switch* ou *eye tracking* (GAG-MA22), e tampouco possui documentação externa, como manual ou página própria, compatível com leitores de tela (GAG-VI17).

Uma melhoria de baixo custo de implementação seria o ajuste de tamanho de fonte, atualmente fixo na interface (GAG-VA21). Um *slider* simples no menu de configurações, semelhante ao já existente para contraste, poderia complementar a fonte legível já adotada pelo jogo, beneficiando jogadores com baixa visão.

5.3.2 Ajuste de dificuldade

A possibilidade de ajustar o nível de dificuldade também não foi implementada. O jogo poderia oferecer uma escolha do nível de desafio antes do início de cada fase (GAG-GB03, BEL-D11). Esse ajuste de dificuldade poderia influenciar, por exemplo, a velocidade de movimentação dos obstáculos e da personagem, bem como o impacto do tempo gasto para a conclusão da fase no cálculo da pontuação final. Todas essas mudanças estariam concentradas na parte lúdica do jogo, sem alterar o conteúdo pedagógico das fases.

5.3.3 Novos modos de jogo e expansão de alcance

Outra melhoria sugerida é a introdução de dois modos distintos de jogo: um *modo história* e um *modo prático*. O modo história consistiria em uma forma de praticar sem falhar (GAG-CI11), composta por um conjunto reduzido e fixo de fases, sem possibilidade de criação ou alteração, ambientadas em um enredo simples no universo do jogo (GAG-CI12). Essas fases serviriam como uma introdução guiada e progressiva das mecânicas do *Flip n' Flop*, apresentando os controles básicos, a lógica de construção do diagrama de tempo e, gradualmente, os sinais síncronos e assíncronos, funcionando como o tutorial interativo que o menu “Como Jogar” ainda não oferece (GAG-CB05). Esse modo cumpriria o papel de uma fase tutorial ampliada, porém inserida em um contexto narrativo capaz de aumentar o engajamento do jogador, beneficiando especialmente iniciantes e jogadores com deficiências cognitivas que se beneficiam de uma introdução prática e gradual antes de enfrentar desafios avaliados.

Já o modo prático corresponderia à experiência atual do jogo, com pontuação baseada em tempo, precisão e uso de dicas, complementada pelo recurso de personalização

pedagógica que é a possibilidade de professores criarem e disponibilizarem suas próprias fases para os alunos de suas turmas, a partir dos arquivos de configuração já utilizados internamente pelo jogo. Essa funcionalidade, embora não amparada diretamente pelas diretrizes de acessibilidade adotadas neste trabalho, ampliaria significativamente o alcance pedagógico do *Flip n' Flop*, permitindo que docentes adaptem o conteúdo das fases a diferentes turmas, níveis de dificuldade e necessidades específicas de seus alunos, sem depender de alterações no código-fonte do jogo.

Por fim, duas melhorias adicionais poderiam ampliar tanto o engajamento quanto o alcance do jogo: a implementação de um sistema de recompensas com insígnias ou conquistas, complementando a pontuação já existente (BEL-D22), assim como o suporte a dispositivos móveis (BEL-D51), uma vez que o protótipo atual é voltado exclusivamente para navegadores em ambiente *desktop*. A implementação de suporte a dispositivos móveis traria consigo a necessidade de suportar tanto orientação paisagem quanto retrato de tela (GAG-MA19), além de particularidades da entrada por toque, como evitar movimentos do tipo *swipe* (BEL-D32) e oferecer um teclado virtual em braille (BEL-D33) — diretrizes atualmente não aplicáveis ao *Flip n' Flop*, mas que se tornariam relevantes nesse cenário.

5.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou as funcionalidades de acessibilidade implementadas no *Flip n' Flop*, todas orientadas pelas diretrizes do GAG e pelos critérios de Belarmino et al. (2021). O cálculo do Nível de Acessibilidade evidenciou um desempenho consistente nas diretrizes de menor complexidade de implementação, decrescendo à medida que aumenta o esforço exigido: 65,0% no nível Básico, 37,9% no Intermediário e 19,2% no Avançado. No recorte comparável à metodologia original de Silva, Souza e Santos (2024), o NA Básico do *Flip n' Flop* (80,0%) ficou ligeiramente abaixo da média de 86,45% observada em jogos comerciais, um resultado notável considerando as diferenças de escala e recursos entre um jogo em desenvolvimento acadêmico e produções comerciais. Já os critérios de Belarmino et al. (2021), voltados especificamente ao desenho universal em JEDs, apresentaram um NA consideravelmente mais alto (63,1%), reforçando a maior aderência do jogo a esse recorte mais restrito e coeso de recomendações.

A análise conjunta das funcionalidades implementadas e das oportunidades de melhoria discutidas na Seção 5.3 indica que o *Flip n' Flop* incorpora, de forma consistente, os princípios de acessibilidade mais amplamente aplicáveis e de menor custo de implementação, ao passo que recursos mais específicos, como suporte a leitores de tela e tecnologias assistivas, ajuste de dificuldade e novos modos de jogo, permanecem como direções relevantes para trabalhos futuros.

Tendo sido descritas as funcionalidades de acessibilidade do *Flip n' Flop* e estimado seu nível de acessibilidade por meio de uma análise de inspeção baseada em diretrizes, o Capítulo 6 apresenta a avaliação empírica conduzida com estudantes, contrastando as percepções reais dos jogadores com os resultados obtidos nesta análise.

6 Avaliação Empírica com Estudantes

Este capítulo descreve a avaliação conduzida com estudantes da disciplina DCC122 – Circuitos Digitais, com o objetivo de avaliar o jogo *Flip n’ Flop* sob as perspectivas de usabilidade, experiência do jogador, aprendizagem percebida e acessibilidade. O estudo dá continuidade à avaliação preliminar realizada anteriormente por Dôndici (2026), buscando aprofundar a análise com uma amostra maior de participantes e com a incorporação de um conjunto expandido de questões sobre personalização e acessibilidade. O capítulo está organizado nas seguintes seções: o planejamento (Seção 6.1), a execução (Seção 6.2), a análise dos resultados (Seção 6.3) e as discussões (Seção 6.4). Por fim, são apresentadas as considerações finais (Seção 6.5).

6.1 Planejamento

A avaliação adota como base o modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019), já apresentado na Seção 4.3, mantendo a mesma abordagem metodológica da avaliação preliminar realizada por Dôndici (2026) e possibilitando uma comparação mais direta dos resultados.

No bloco de dados demográficos, três perguntas foram adicionadas ao instrumento original, sobre o momento em que o estudante ingressou no curso, o conhecimento prévio dos conteúdos didáticos abordados no jogo e condições que possam influenciar a experiência do estudante com jogos. Essa última pergunta permite identificar, entre os participantes, quantos se enquadram nas categorias de deficiência discutidas ao longo deste TCC. As demais questões do bloco tiveram apenas as opções de resposta adaptadas ao contexto da avaliação, como uma maior granularidade nas faixas etárias e a opção de não identificar seu gênero.

Com relação ao bloco principal do instrumento, os mesmos dois itens utilizados por Dôndici (2026) foram adicionados à dimensão de aprendizagem percebida (conforme permite a metodologia vista na Seção 4.3), estendendo o instrumento para 37 itens:

- 36.** O jogo contribuiu para compreender sobre o funcionamento dos *flip-flops*;
- 37.** O jogo contribuiu para compreender sobre a construção de diagramas de tempo.

O MEEGA+ já contempla, em sua dimensão de usabilidade, três itens de acessibilidade (itens 8 a 10), sobre legibilidade das fontes, compreensão das cores e personalização de aparência. Entretanto, essa cobertura é genérica demais para captar a percepção dos jogadores sobre as diversas funcionalidades específicas implementadas no *Flip n' Flop*. Por isso, elaborou-se um bloco adicional de “Personalização e Acessibilidade”, com sete novas questões (numeradas de A1 a A7), utilizando a mesma escala *Likert* de cinco pontos:

- A1.** A organização e a navegação pelos menus de configuração do jogo são claras e intuitivas;
- A2.** O menu “como jogar” foi claro e suficiente para entender a dinâmica do jogo e quais comandos estão disponíveis;
- A3.** A possibilidade de personalizar a cor de cada linha do diagrama individualmente atende às minhas necessidades;
- A4.** As paletas de cores pré-definidas (padrão, daltonismo, alto contraste) tornam as linhas do diagrama fáceis de distinguir entre si;
- A5.** Os controles de volume (geral, música e efeitos sonoros) permitem ajustar o áudio do jogo conforme minha necessidade;
- A6.** O ajuste de contraste da imagem de fundo ajuda a deixá-la menos chamativa, facilitando a visualização das linhas do diagrama;
- A7.** A possibilidade de remapear as teclas/botões do teclado ou *joystick* atende às minhas necessidades de controle do jogo.

A versão digital do questionário foi disponibilizada por meio do Google Forms, sem identificação dos participantes, com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) apresentado logo no início do formulário. O TCLE e o questionário completo, incluindo os itens adicionados ao MEEGA+ e o bloco de personalização e acessibilidade, encontram-se transcritos no Apêndice C.

Os participantes selecionados para este estudo se enquadram no público-alvo do jogo: estudantes de graduação matriculados na disciplina DCC122 – Circuitos Digitais da UFJF. A aplicação foi planejada para ocorrer após a conclusão das aulas sobre *flip-flops* e antes da avaliação formal correspondente ao assunto, mantendo o alinhamento com o objetivo pedagógico do jogo: praticar a construção de diagramas de tempo com estudantes que já possuem o conhecimento teórico necessário.

6.2 Execução

A avaliação foi realizada no dia 18 de junho de 2026, durante uma aula da disciplina DCC122 conduzida no laboratório de computação, com duração total de uma hora e meia. Os estudantes foram brevemente apresentados ao jogo e depois puderam jogar livremente por cerca de uma hora. Ao final, todos foram convidados a responder ao questionário de avaliação. Dos 64 estudantes presentes na aula, conforme registra a Figura 6.1, todos participaram e responderam ao questionário.

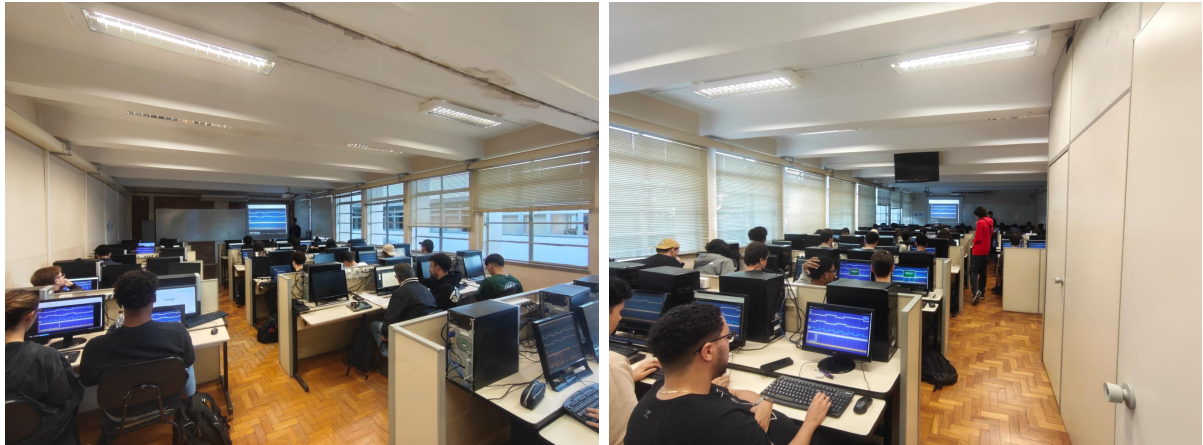


Figura 6.1: Estudantes participando da avaliação do jogo.

A Figura 6.2 apresenta o perfil demográfico dos 64 participantes. Destaca-se que a maioria já possui familiaridade com jogos digitais de forma geral, com aproximadamente 77% jogando ao menos semanalmente (Figura 6.2e), o que é relevante para a interpretação dos resultados de facilidade de aprendizado e uso apresentados na Seção 6.3. Quanto ao conteúdo da disciplina, cerca de 23% dos participantes já possuíam algum conhecimento prévio sobre *flip-flops* e diagramas de tempo (Figura 6.2f), o que deve ser considerado na leitura dos itens sobre aprendizagem percebida.

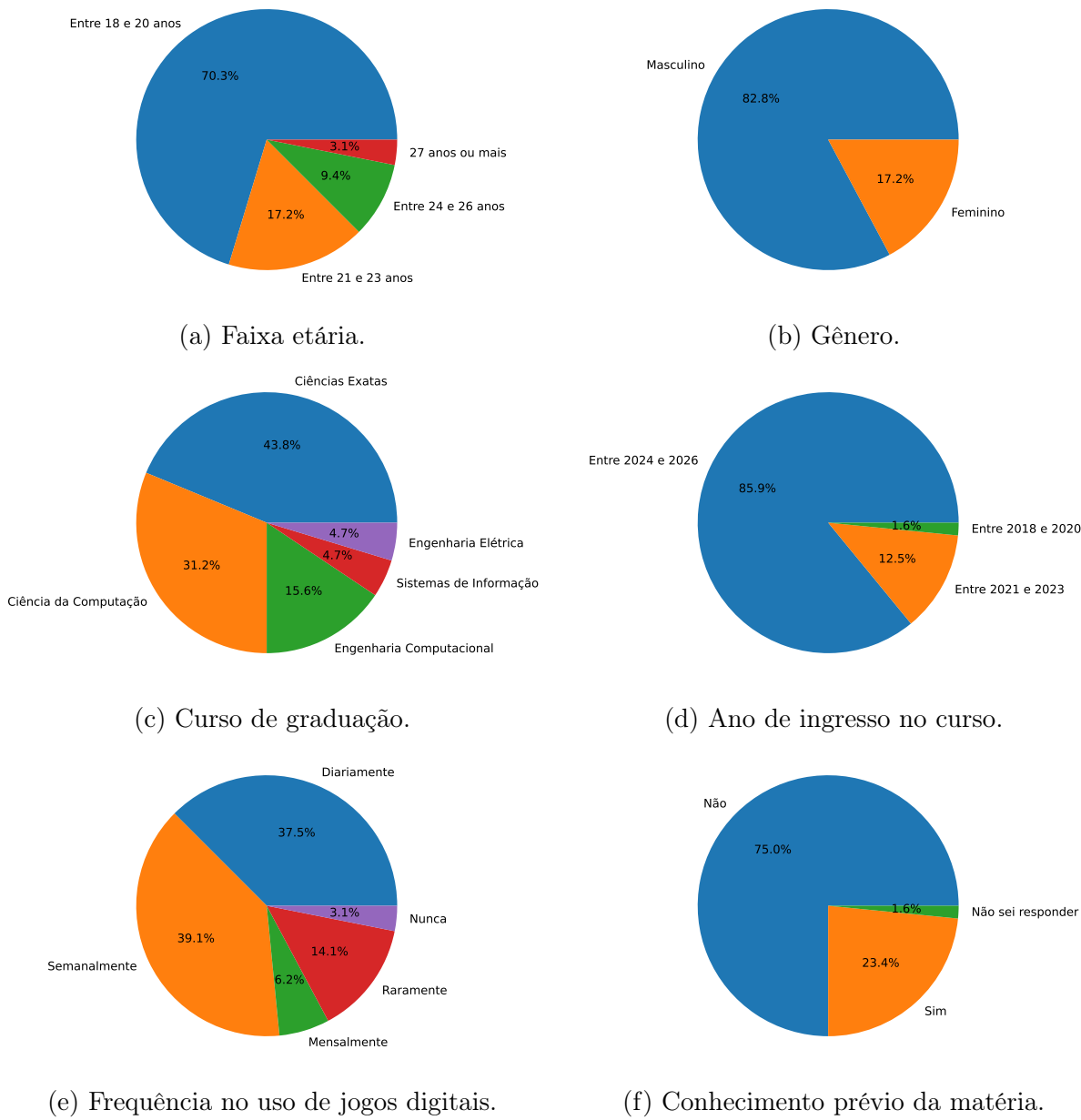


Figura 6.2: Distribuição dos participantes por diferentes categorias.

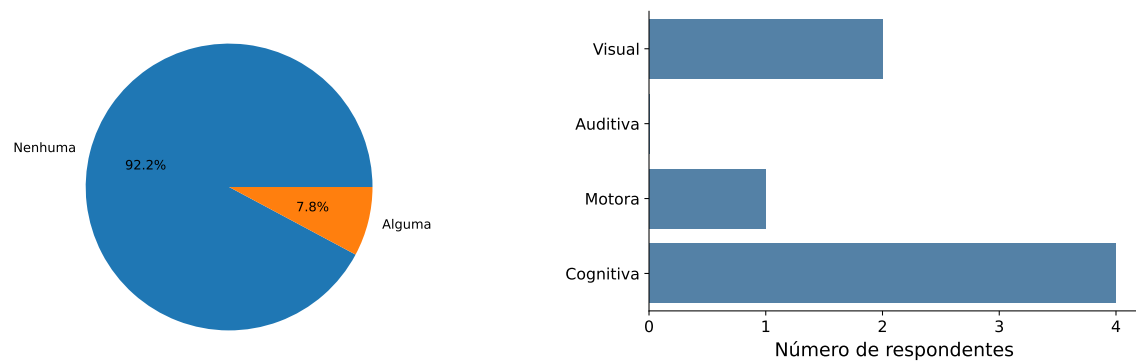


Figura 6.3: Distribuição de participantes por categorias de deficiência.

Com relação à pergunta sobre condições que podem influenciar a experiência do estudante com jogos, apenas 5 dos 64 participantes indicaram alguma condição, conforme a Figura 6.3. Essas cinco respostas se distribuem nas categorias motora (1), visual (2) e cognitiva (4), com um participante se identificando simultaneamente nas três categorias.

6.3 Resultados

A Figura 6.4 apresenta a distribuição completa das respostas em escala *Likert* para os 37 itens do MEEGA+ estendido, coletadas junto aos 64 participantes. Na sequência, os resultados são analisados do ponto de vista dos fatores de qualidade de usabilidade (Subseção 6.3.1) e experiência do jogador (Subseção 6.3.2). Ao final, são apresentados os resultados do bloco de personalização e acessibilidade (Subseção 6.3.3), seguidos de uma síntese das questões abertas (Subseção 6.3.4). Os percentuais discutidos no restante deste capítulo são apresentados arredondados ao número inteiro mais próximo, já que a dimensão da amostra não sustenta precisão na casa decimal.

6.3.1 Usabilidade

O primeiro fator de qualidade analisado é a usabilidade, organizado nas subdimensões estética, aprendizibilidade, operabilidade, acessibilidade e proteção contra erros do usuário.

Estética (itens 1 e 2). O visual do jogo obteve avaliações amplamente positivas: 89% dos participantes concordaram em algum nível que o *design* é atraente (48% fortemente), e 88% concordaram que textos, cores e fontes combinam e são consistentes (69% fortemente, sem nenhuma discordância forte).

Aprendizibilidade (itens 3 a 5). A facilidade de aprendizado do jogo obteve resultados predominantemente positivos, ainda que em patamar inferior ao da avaliação anterior de Dôndici (2026): 73% concordaram que foi necessário aprender poucas coisas antes de começar a jogar (89% antes), 86% consideraram fácil aprender a jogar (100% antes), e 75% acreditam que a maioria das pessoas aprenderia a jogar facilmente (89% antes). Essa redução é consistente com o aumento de complexidade do jogo entre as duas avaliações: três novas fases e a adição de operações assíncronas. Ainda assim, os

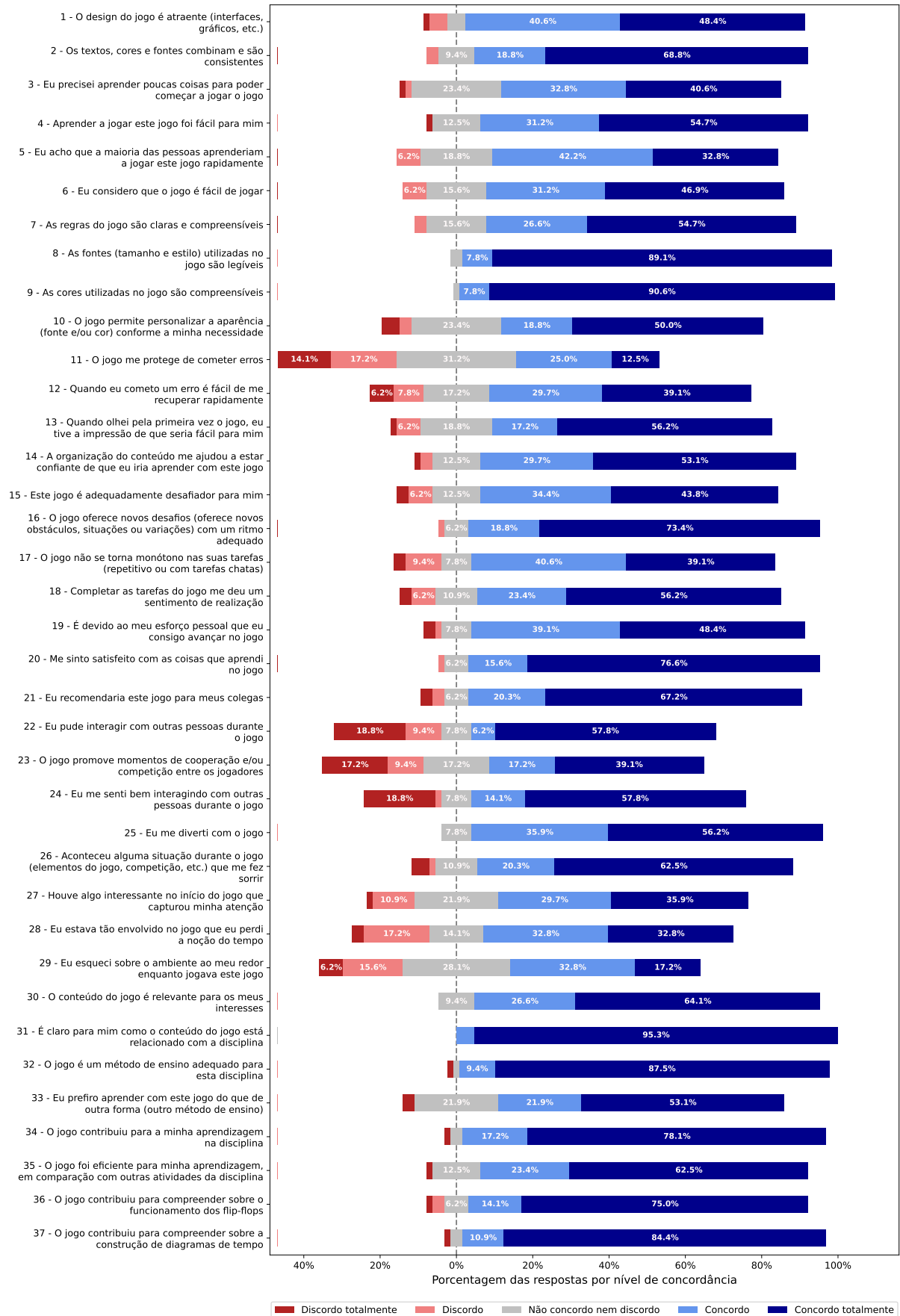


Figura 6.4: Distribuição das respostas para todos os itens do questionário MEEGA+.

valores permanecem majoritariamente positivos, e são coerentes com o perfil da amostra, já familiarizada com jogos digitais.

Operabilidade (itens 6 e 7). A facilidade de uso e a clareza das regras apresentaram resultados positivos: 78% concordaram que o jogo é fácil de jogar, e 81% concordaram que as regras são claras e compreensíveis (55% fortemente), sem discordância forte em nenhum dos dois itens.

Acessibilidade (itens 8 a 10). Este aspecto apresentou os resultados mais expressivos da subdimensão, com uma evolução notável em relação à avaliação anterior. A legibilidade das fontes, antes avaliada positivamente por 95% dos participantes, foi aprovada por 97% nesta avaliação (89% fortemente); as cores do jogo, antes compreensíveis para 89%, obtiveram 98% de aprovação (91% fortemente). O contraste mais expressivo está na personalização de aparência: enquanto na avaliação anterior 63% dos participantes discordaram que o jogo permitia personalizar sua aparência (pela ausência desse recurso na versão testada), nesta avaliação 69% concordaram em algum nível com essa afirmação, refletindo diretamente as funcionalidades de personalização e acessibilidade implementadas e descritas no Capítulo 5.

Proteção contra erros do usuário (itens 11 e 12). Esta subdimensão permanece como o ponto mais frágil da usabilidade, ainda que com alguma melhora em relação à avaliação anterior. Quanto à prevenção de erros, os 53% de discordância forte relatados anteriormente deram lugar a respostas mais distribuídas nesta avaliação: 38% concordando em algum nível, 31% neutros e 31% discordando. Isso representa uma polarização menos acentuada, mas sem uma melhora clara no aspecto avaliado. Já a recuperação de erros permaneceu estável entre as duas avaliações, com 68% de concordância em ambas.

6.3.2 Experiência do jogador

O segundo fator de qualidade analisado é a experiência do jogador, organizado nas subdimensões confiança, desafio, satisfação, interação social, diversão, atenção focada, relevância e aprendizagem percebida.

Confiança (itens 13 e 14). Os participantes demonstraram confiança ao interagir com o jogo, ainda que em patamar inferior ao da avaliação anterior de Dôndici (2026),

no mesmo padrão já observado na aprendizibilidade: no primeiro contato, 73% tiveram a impressão de que seria fácil jogar (95% antes), e 83% concordaram que a organização do conteúdo os deixou confiantes de que aprenderiam com o jogo (95% antes).

Desafio (itens 15 a 17). O desafio foi percebido de forma positiva pela maioria, com leve alta em relação à avaliação anterior apesar do aumento de complexidade do jogo: 78% concordaram que o jogo é adequadamente desafiador (68% antes). O ritmo de introdução de novos desafios foi o ponto mais bem avaliado da subdimensão (92% concordando, 73% fortemente), e 80% concordaram que o jogo não se torna repetitivo.

Satisfação (itens 18 a 21). Os índices de satisfação permaneceram elevados em todos os itens desta subdimensão: 80% relataram sentimento de realização ao completar tarefas (56% fortemente), 88% atribuíram o próprio avanço ao esforço pessoal, 92% sentem-se satisfeitos com o que aprenderam (77% fortemente), e 88% recomendariam o jogo a colegas (67% fortemente).

Interação social (itens 22 a 24). Diferentemente das demais, esta subdimensão apresentou respostas mais distribuídas entre os três itens: 64% concordaram ter podido interagir com outras pessoas durante o jogo, 56% concordaram que o jogo promove cooperação ou competição, e 72% relataram ter se sentido bem com essa interação. Entretanto, cabe destacar que o *Flip n' Flop* é um jogo de mecânicas predominantemente individuais, sem qualquer recurso de *multiplayer*, de modo que essas respostas provavelmente refletem a interação social informal entre os estudantes presentes na sessão, e não uma funcionalidade do próprio jogo.

Diversão (itens 25 e 26). O aspecto lúdico foi amplamente validado: 92% se divertiram com o jogo (56% fortemente, sem discordância), e 83% relataram que alguma situação do jogo os fez sorrir (63% fortemente).

Atenção focada (itens 27 a 29). O jogo capturou a atenção dos estudantes sem isolá-los completamente do ambiente. Cerca de 66% concordaram que algo no início do jogo capturou sua atenção, e 66% perderam a noção do tempo enquanto jogavam. O item sobre esquecer o ambiente ao redor foi o mais variável da subdimensão: apenas 50% concordaram, com 28% em posição neutra.

Relevância (itens 30 a 33). A relevância do jogo para a disciplina segue como

um dos pontos mais fortes da avaliação: a totalidade dos participantes concorda que o conteúdo está claramente relacionado à disciplina (95% fortemente), e 97% consideram o jogo um método de ensino adequado (88% fortemente). Além disso, 91% consideram o conteúdo relevante para seus interesses. Já a preferência por aprender com o jogo em vez de outros métodos caiu para 75% (89% antes), possivelmente pelo mesmo efeito de tamanho de amostra e complexidade das fases já discutido.

Aprendizagem percebida (itens 34 a 37). A percepção de aprendizado foi muito positiva, e superior à da avaliação anterior: 95% concordaram que o jogo contribuiu para a aprendizagem na disciplina (84% antes), e 86% concordaram que ele foi eficiente para a aprendizagem em comparação com outras atividades. Quanto aos objetivos específicos do jogo, 89% afirmaram que ele contribuiu para compreender o funcionamento dos *flip-flops* (75% fortemente), e 95% concordaram que ele auxiliou na compreensão da construção de diagramas de tempo (84% fortemente).

6.3.3 Personalização e acessibilidade

A Figura 6.5 apresenta a distribuição das respostas ao bloco de questões sobre personalização e acessibilidade implementadas no jogo.

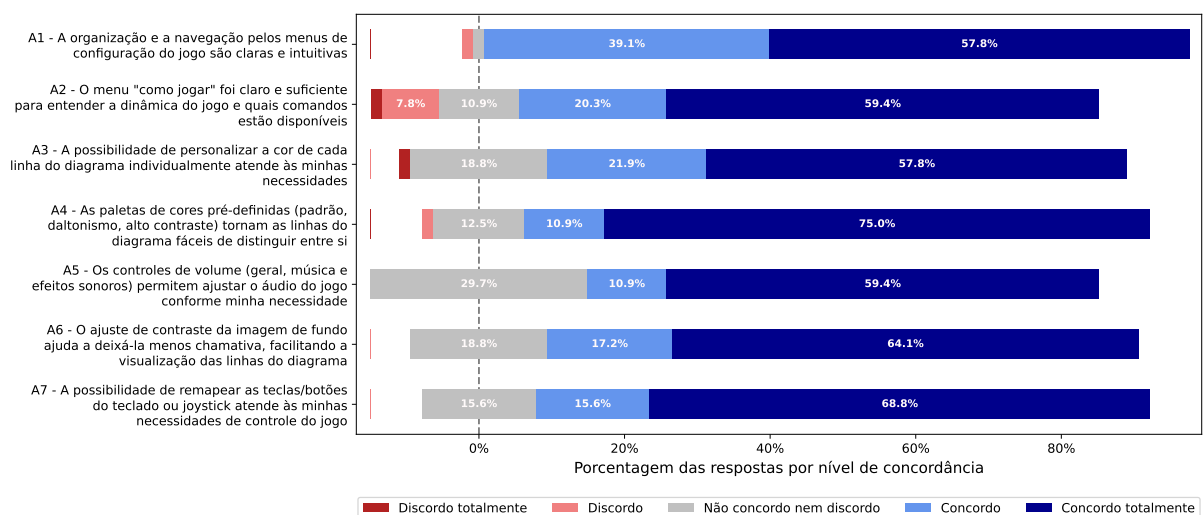


Figura 6.5: Distribuição das respostas para os itens de personalização e acessibilidade.

Organização e navegação nos menus (item A1). Os menus de configuração foram o item mais bem avaliado do bloco: 97% dos participantes concordaram que a navegação é clara e intuitiva (58% fortemente), com apenas 2% discordando.

Menu “como jogar” (item A2). O tutorial foi considerado claro e suficiente por 80% dos participantes (59% fortemente), mas este foi o item de menor concordância e maior discordância (9%) de todo o bloco. O resultado é coerente com a avaliação apresentada no Capítulo 5, tendo em vista que este guia estático não atende à diretriz que recomenda tutoriais interativos (GAG-CB05). A percepção dos jogadores confirma, na prática, a limitação já identificada heurísticamente.

Personalização de cor das linhas do diagrama (item A3). A possibilidade de personalizar individualmente a cor de cada linha do diagrama foi bem recebida, com 80% concordando (58% fortemente) e apenas 2% discordando. A proporção relativamente alta de posição neutra (19%) sugere que parte dos participantes pode não ter explorado esse recurso mais granular durante a sessão.

Paletas de cores pré-definidas (item A4). As paletas de cores (padrão, daltonismo e alto contraste) obtiveram a segunda maior concordância forte do bloco: 86% concordaram que elas tornam as linhas do diagrama fáceis de distinguir (75% fortemente), com apenas 2% discordando.

Controles de volume (item A5). Os controles de volume foram considerados adequados por 70% dos participantes (59% fortemente), sem nenhuma discordância. A proporção de posição neutra (30%), a maior do bloco, decorre de uma limitação de infraestrutura observada durante a sessão: os computadores do laboratório não possuem caixas de som, de modo que somente os participantes com fone de ouvido individual conseguiram efetivamente ouvir a trilha sonora e os efeitos sonoros do jogo. Os resultados desta questão precisam ser considerados com cautela.

Ajuste de contraste do fundo (item A6). O recurso foi bem avaliado pela maioria: 81% concordaram que ele facilita a visualização das linhas do diagrama (64% fortemente), com 19% neutros e nenhuma discordância.

Remapeamento de teclas e botões (item A7). A possibilidade de remapear os controles foi aprovada por 84% dos participantes (69% fortemente), com 16% neutros e nenhuma discordância.

De modo geral, todos os itens obtiveram aprovação majoritária, sem discordâncias expressivas. A proporção de respostas neutras em alguns itens pode refletir o não

uso efetivo das funcionalidades correspondentes durante a sessão, e não necessariamente uma avaliação negativa. Uma comparação exploratória entre as respostas dos cinco participantes que se identificaram com alguma condição de deficiência e o conjunto total de questionados reforça essa leitura em que, nesse subgrupo, as respostas se concentram nas opções neutra e positiva em todos os sete itens, com apenas uma discordância fraca, registrada no item A2. Dado o pequeno número de participantes que relataram alguma condição de deficiência, esse contraste não permite uma análise estatisticamente representativa, mas é um indício de que os recursos de personalização e acessibilidade não representaram barreiras adicionais para esse grupo específico.

6.3.4 Questões abertas

As três questões abertas ao final do questionário forneceram uma visão qualitativa complementar sobre a experiência dos participantes com o *Flip n' Flop*.

Ao listarem pontos fortes do jogo, os participantes convergiram em quatro eixos: a contribuição pedagógica para compreender *flip-flops* e diagramas de tempo; a facilidade de aprendizado das mecânicas, com regras e controles descritos como simples e claros; a progressão gradual de dificuldade ao longo das fases; e a estética do jogo, incluindo o visual das interfaces e a animação da personagem. Chamam atenção, ainda, menções espontâneas a aspectos de acessibilidade, não solicitadas diretamente pela pergunta: um participante destacou que “a acessibilidade tem bastante opções”, outro citou o “modo daltônico”, e um terceiro descreveu o jogo como “divertido, simples e acessível”.

Nas sugestões de melhoria, quatro categorias se destacaram. A mais frequente foi a necessidade de maior tolerância de alinhamento nas transições de sinal, com relatos de respostas marcadas como incorretas mesmo quando o diagrama parecia correto. A segunda foi a criação de um tutorial ou fase introdutória que guie o jogador pelas mecânicas em tempo real, em linha com a proposta de modo história já discutida como oportunidade de melhoria no Capítulo 5. A terceira foi a adição de um sistema de *ranking* de pontuação para estimular a competitividade. Por fim, foram sugeridas melhorias pontuais de conteúdo e interface, como indicação da fase atual, marcação de fases concluídas e novas fases com outros tipos de *flip-flops*, além de um interesse recorrente por opções adicionais

de personalização visual, como a customização da aparência da personagem.

A pergunta opcional sobre comentários adicionais recebeu 27 respostas, majoritariamente elogios ao conceito do jogo e relatos de interesse em continuar jogando. Também foram relatados um *bug* pontual e uma sugestão específica de modo de aracnofobia.

6.4 Discussões

Os resultados apresentados neste capítulo confirmam uma evolução consistente do *Flip n' Flop* em relação à versão avaliada anteriormente por Dôndici (2026), com destaque para os aspectos de acessibilidade e personalização, foco central deste trabalho. Esse achado fecha um ciclo importante: as funcionalidades implementadas com base nas diretrizes do GAG e nos critérios de Belarmino et al. (2021), descritas e inspecionadas no Capítulo 5, foram também validadas empiricamente pela percepção positiva dos próprios jogadores, não apenas daqueles que se identificaram com alguma categoria de deficiência, reforçando o princípio do desenho universal discutido no Capítulo 2.

A inversão observada na dimensão de interação social merece uma análise à parte, já que o *Flip n' Flop* não possui, em nenhuma das duas versões avaliadas, qualquer mecanismo de *multiplayer* ou interação direta entre jogadores. A concordância expressiva de que “foi possível interagir com outras pessoas durante o jogo” reflete, portanto, a interação social informal entre os estudantes presentes fisicamente no laboratório, e não qualquer funcionalidade do jogo em si. A diferença entre as duas avaliações provavelmente decorre de fatores externos, incluindo o tamanho da turma (64 participantes nesta avaliação, contra 19 na anterior). Esse resultado reforça a importância de interpretar essa subdimensão do MEEGA+ com cautela em jogos de mecânica predominantemente individual.

Durante a supervisão da sessão, observou-se que diversos participantes só abriram o menu de configurações ao chegarem às perguntas correspondentes no questionário, e não espontaneamente durante o jogo livre. Esse comportamento sugere que, embora os recursos de personalização e acessibilidade estejam bem avaliados quando efetivamente utilizados, sua descoberta orgânica pelo jogador ainda não é garantida apenas pela presença do menu de configurações e do botão “Como Jogar”. Isso reforça a relevância de melhorias como dicas contextuais que incentivem ativamente o jogador a explorar essas

funcionalidades durante a própria jogabilidade, e não apenas de forma passiva nos menus.

De modo geral, esta avaliação confirma a relevância pedagógica do jogo, na linha do que já havia sido constatado por Dôndici (2026), e evidencia uma evolução real e perceptível pelos próprios usuários quanto às funcionalidades de acessibilidade implementadas. Ainda assim, a pequena amostra de participantes autodeclarados com alguma deficiência (5 de 64) não permite conclusões estatisticamente robustas sobre esse subgrupo específico, reforçando uma lacuna metodológica também identificada na literatura analisada no Capítulo 3.

6.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou a avaliação empírica conduzida com 64 estudantes da disciplina DCC122 – Circuitos Digitais, dando continuidade à avaliação preliminar de Dôndici (2026) com uma amostra maior e um bloco expandido de questões sobre personalização e acessibilidade. Os resultados confirmam a boa recepção geral do jogo e, em especial, evidenciam uma evolução expressiva na percepção dos jogadores quanto à acessibilidade do *Flip n' Flop*, validando empiricamente as melhorias implementadas com base nas diretrizes do GAG e nos critérios de Belarmino et al. (2021) e complementando a avaliação apresentada no Capítulo 5. A relevância pedagógica do jogo também foi confirmada, com destaque para a percepção de aprendizagem dos conceitos de *flip-flops* e diagramas de tempo. A pequena amostra de participantes autodeclarados com alguma deficiência permanece como a principal limitação deste estudo, apontando uma direção relevante para validações futuras mais robustas.

7 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo aprimorar e avaliar o JED *Flip n' Flop*, com atenção especial às suas questões de acessibilidade. Para isso, foram adotadas duas frentes complementares: a inspeção por diretrizes, baseada em instrumentos consolidados da área, e a avaliação empírica conduzida com estudantes por meio de um questionário expandido baseado no modelo MEEGA+.

A fundamentação teórica e o panorama da literatura, apresentados nos Capítulos 2 e 3, evidenciaram que a acessibilidade em jogos digitais ainda é um campo em desenvolvimento, com produção científica escassa em comparação à acessibilidade de *softwares* convencionais. Além disso, observa-se uma concentração recorrente de propostas para determinadas categorias de deficiência, sobretudo a visual, e uma tendência a propor soluções sem validação empírica robusta com usuários reais. Esse cenário reforçou a relevância de um trabalho que unisse implementação guiada por diretrizes reconhecidas e validação junto a usuários reais.

Com base nas *Game Accessibility Guidelines* (GAG) e nos critérios de acessibilidade MDA de Belarmino et al. (2021), apresentados no Capítulo 4, o *Flip n' Flop* foi inspecionado e teve novas funcionalidades de acessibilidade implementadas. Entre as funcionalidades descritas no Capítulo 5, destacam-se: remapeamento completo de controles com suporte a *gamepad*, personalização de cores para as linhas do diagrama (com paletas predefinidas para daltonismo e alto contraste), ajuste de contraste do fundo, controles de volume separados e um menu de tutorial acessível a qualquer momento. O indicador de Nível de Acessibilidade (NA), adaptado neste trabalho a partir da metodologia de Silva, Souza e Santos (2024), indicou que o *Flip n' Flop* atende em 65% das diretrizes básicas do GAG, decrescendo para 38% e 19% nos níveis intermediário e avançado; no recorte comparável à metodologia original, o NA básico de 80% ficou próximo à média de 86,45% obtida pelos jogos comerciais avaliados por Silva, Souza e Santos (2024).

A avaliação conduzida com 64 estudantes, descrita no Capítulo 6, confirmou empiricamente essa evolução. A percepção sobre personalização de aparência, que na

avaliação anterior de Dôndici (2026) registrava 63% de discordância pela ausência do recurso, passou a 69% de concordância nesta avaliação, e todas as questões do bloco de personalização e acessibilidade obtiveram aprovação majoritária, algumas acima de 85%. A relevância pedagógica do jogo também se manteve como ponto forte, com 95% dos participantes reconhecendo sua contribuição para a aprendizagem na disciplina.

Como principal limitação, a pequena quantidade de participantes autodeclarados com alguma condição de deficiência (5 de 64) não permitiu uma análise estatisticamente representativa desse subgrupo, lacuna que dialoga diretamente com o diagnóstico da literatura revisada. Para trabalhos futuros, pretende-se conduzir sessões específicas com participantes de diferentes perfis de deficiência, além de avançar nas direções já identificadas no Capítulo 5, com destaque para um modo história com tutorial interativo, ajuste de dificuldade e suporte a leitores de tela e tecnologias assistivas. De modo geral, este trabalho demonstrou que é possível incorporar funcionalidades significativas de acessibilidade a um JED em desenvolvimento acadêmico, com impacto positivo mensurável tanto por inspeção por diretrizes quanto pela percepção dos próprios jogadores. Essa evidência mostra que esse tipo de iniciativa é não apenas viável, mas necessária para que jogos educacionais cumpram de forma plena e justa seu papel pedagógico.

Referências

- ABDOULQADIR, C.; LOIZIDES, F. Mobile game accessibility guidelines for users with dual concurrent disabilities: A systematic literature review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor & Francis, p. 1–49, 2026.
- ANDRADE, L. H. F. B. de; COSTA, R. M. E. M. da; WERNECK, V. M. B. Acessibilidade em jogos: Um mapeamento sistemático. In: *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021. p. 840–848.
- BATTISTELLA, P. E.; WANGENHEIM, C. G. von. Games for teaching computing in higher education — a systematic review. *IEEE Technology and Engineering Education*, IEEE, v. 1, n. 3, p. 8–30, 2016.
- BELARMINO, G. D. et al. Critérios de acessibilidade para jogos educacionais digitais que visam o desenho universal. In: *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021. p. 667–678.
- BIERRE, K. et al. Game not over: Accessibility issues in video games. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. p. 22–27.
- BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil, 1999. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF, Brasil, 2015. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- BRASIL. Departamento de Governo Eletrônico. *eMAG: Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico*: versão 3.1. Brasília, DF, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://emag.governoeletronico.gov.br>>. Acesso em: 16 abr. 2026.
- BROOKE, J. SUS: A quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W. et al. (Ed.). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis, 1996. p. 189–194.
- CRUZ, G. L. da et al. Avaliação de acessibilidade e usabilidade de jogos digitais brasileiros. In: *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 76–85.
- DÔNDICI, F. *Flip n’ Flop: um jogo educacional para construção interativa de diagramas de tempo*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação)) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, jan. 2026.

- Disponível em: <<http://monografias.ice.ufjf.br/tcc-web/tcc?id=1070>>. Acesso em: 08 jun. 2026.
- DÔNDCI, F. et al. Um mapeamento sistemático da literatura sobre jogos educacionais digitais para o ensino de circuitos lógicos. In: *Anais do V Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EduComp)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 240–254.
- DÔNDCI, F. et al. Flip n' Flop: um jogo de plataformas para a prática de diagramas de tempo de flip-flops. In: *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2026. Aceito para publicação.
- ELLIS, B. et al. *Game Accessibility Guidelines*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://gameaccessibilityguidelines.com>>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- FLOYD, T. L. *Digital Fundamentals*. 11^a. ed. Harlow, UK: Pearson, 2015.
- FORTES, R. P. M. et al. Game accessibility evaluation methods: A literature survey. In: ANTONA, M.; STEPHANIDIS, C. (Ed.). *Universal Access in Human–Computer Interaction. Design and Development Approaches and Methods*. Cham, Suíça: Springer International Publishing, 2017. p. 182–192.
- HABGOOD, M. P. J. *The effective integration of digital games and learning content*. Tese (Doutorado) — University of Nottingham, Nottingham, UK, 2007.
- HASSAN, L. Accessibility of games and game-based applications: A systematic literature review and mapping of future directions. *New Media & Society*, Sage Journals, v. 26, n. 4, p. 2336–2384, 2023.
- HEINTZ, S. *Digital Educational Games: Methodologies for Evaluating the Impact of Game Type*. Tese (Doutorado) — University of Leicester, Leicester, UK, 2016.
- HERSH, M. A.; LEPORINI, B. An overview of accessibility and usability of educational games. In: GONZÁLEZ, C. (Ed.). *Student Usability in Educational Software and Games: Improving Experiences*. Hershey, USA: IGI Global Scientific Publishing, 2013. cap. 1, p. 1–40.
- HIRATA, A. I.; KAWAMOTO, A. L. S.; MARTINS, V. F. Proposta de diretrizes para acessibilidade em jogos digitais. In: *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 94–105.
- HUNICKE, R. et al. MDA: A formal approach to game design and game research. In: *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*. Washington, DC, Estados Unidos: AAAI, 2004. p. 1–5.
- IGDA – International Game Developers Association. *International Game Developers Association*. Toronto, ON, 2026. Disponível em: <<https://igda.org>>. Acesso em: 05 jul. 2026.
- IJSSELSTEIJN, W. A.; KORT, Y. A. W. de; POELS, K. *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven, 2013. 9 p.
- LARREINA-MORALES, M. E. How accessible is this video game? An analysis tool in two steps. *Games and Culture*, Sage Journals, v. 19, n. 1, p. 75–93, 2024.

- LEWIS, J. R. IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 7, n. 1, p. 57–78, 1995. Disponível em: <doi:10.1080/10447319509526110>.
- MAIA, F.; BRANCHER, J. D.; CALDERON, I. Acessibilidade para neurodivergentes em jogos digitais: Um mapeamento sistemático das publicações do SBGames. In: *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 2366–2376.
- MIESENBERGER, K. et al. More than just a game: Accessibility in computer games. In: HOLZINGER, A. (Ed.). *HCI and Usability for Education and Work*. Berlin, Alemanha: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 247–260.
- MONTEIRO, F. d. L. V. et al. Jogos digitais e usuários com daltonismo: Como a acessibilidade pode afetar a jogabilidade. In: *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 218–227.
- MOTA, V. F.; DUARTE, E. F. 20 anos de acessibilidade no SBGames: Uma revisão sobre inclusão em jogos digitais entre 2004 e 2024. In: *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 753–768.
- PETRI, G.; WANGENHEIM, C. G. von; BORGATTO, A. MEEGA+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 3, p. 52–81, 2019.
- PINELLE, D.; WONG, N.; STACH, T. Heuristic evaluation for games: Usability principles for video game design. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*. New York, NY: ACM, 2008. p. 1453–1462.
- PINHEIRO, M.; VIANA, W.; DARIN, T. d. G. R. Why should red and green never be seen? Exploring color blindness simulations as tools to create chromatically accessible games. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, ACM, New York, USA, v. 7, n. 380, p. 165–196, 2023.
- SILVA, H. P. R.; SOUZA, I. R. de; SANTOS, I. G. S. Uma avaliação de acessibilidade dos jogos mais jogados da plataforma Steam utilizando a Game Accessibility Guidelines. In: *Anais da XII Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 199–208.
- STANČIN, K.; HOIĆ-BOŽIĆ, N.; MIHIĆ, S. S. Using digital game-based learning for students with intellectual disabilities: A systematic literature review. *Informatics in Education*, Vilnius University, v. 19, n. 2, p. 323–341, 2020.
- TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. *Sistemas digitais: princípios e aplicações*. 12ª. ed. São Paulo, SP, Brasil: Pearson, 2018.
- W3C – World Wide Web Consortium. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Cambridge, MA, Estados Unidos, 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: 16 abr. 2026.
- WANGENHEIM, C. G. v.; PETRI, G.; BORGATTO, A. F. Using MEEGA/MEEGA+ for the evaluation of educational games: A retrospective. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 33, p. 943–971, ago. 2025.

- WESTIN, T. et al. Game accessibility guidelines and WCAG 2.0 — a gap analysis. In: *Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2018)*. Cham, Suíça: Springer, 2018. (Lecture Notes in Computer Science, v. 10896), p. 270–279.
- YUAN, B.; FOLMER, E.; HARRIS JR., F. C. Game accessibility: A survey. *Universal Access in the Information Society*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, v. 10, n. 1, p. 81–100, 2011.

A Game Accessibility Guidelines

Este apêndice lista as 123 diretrizes do *Game Accessibility Guidelines* (GAG), disponíveis em <<https://gameaccessibilityguidelines.com>>. A Tabela A.1 é dividida em seis blocos, conforme as categorias definidas pelo guia: motor, cognitivo, visão, audição, fala e geral. Dentro de cada categoria, as diretrizes são subdivididas pelo nível de dificuldade de implementação: básico, intermediário ou avançado.

Cada diretriz é identificada por um código **GAG-XYnn**, criado para fins de referência neste trabalho (não existente no documento original): **X** indica a categoria (**M** motor, **C** cognitivo, **V** visão, **A** audição, **F** fala, **G** geral), **Y** o nível de dificuldade (**B** básico, **I** intermediário, **A** avançado), e **nn** a posição sequencial da diretriz dentro da categoria. Por exemplo, **GAG-MB01** é a primeira diretriz da categoria motor, nível básico.

Os títulos das diretrizes são traduções livres para o português realizadas pelo autor, já que o guia original está disponível apenas em inglês. Quando uma mesma diretriz se repete em mais de uma categoria, por tratar de um aspecto comum a diferentes tipos de deficiência, os códigos equivalentes são listados na coluna “Repetida”. A coluna “Fonte” traz um ícone de link que redireciona à página correspondente no site oficial do GAG, com a descrição completa, exemplos de implementação e boas práticas recomendadas.

A coluna “Belarmino et al. (2021)” indica, quando existente, o código equivalente nos critérios de acessibilidade MDA propostos por Belarmino et al. (2021) (Tabela B.1), relacionando as duas fontes de diretrizes utilizadas neste trabalho. Essa correspondência foi estabelecida por análise de conteúdo do autor, não sendo uma relação oficial ou unívoca: uma diretriz do GAG pode relacionar-se a mais de um critério de Belarmino et al. (2021) e vice-versa, e a ausência de valor não implica inexistência de relação, apenas que não foi identificada correspondência suficientemente clara entre as duas fontes. Por fim, as colunas “Aplicável” e “Atendido” registram, para cada diretriz, se ela se aplica ao contexto do JED *Flip n’ Flop* e, em caso afirmativo, se o recurso de acessibilidade correspondente já está disponível no protótipo do jogo.

Tabela A.1: Diretrizes do *Game Accessibility Guidelines* (GAG) e sua aplicabilidade ao jogo *Flip n' Flop*.

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
Motor						
Básico						
GAG-MB01	Permitir remapeamento/reconfiguração dos controles				✓	Sim
GAG-MB02	Garantir que os controles sejam o mais simples possível, ou oferecer uma alternativa mais simples			BEL-D35	✓	Sim
GAG-MB03	Garantir que todas as áreas da interface possam ser acessadas com o mesmo método de entrada usado na jogabilidade				✓	Sim
GAG-MB04	Incluir opção para ajustar a sensibilidade dos controles					
GAG-MB05	Garantir que elementos interativos/controles virtuais sejam grandes e bem espaçados, especialmente em telas pequenas ou de toque		GAG-VB07	BEL-A81	✓	Sim
GAG-MB06	Incluir opção para ajustar a velocidade do jogo		GAG-CI21		✓	Não
GAG-MB07	Incluir controle (<i>toggle/slider</i>) para qualquer háptica		GAG-CI24	BEL-A55		
Intermediário						
GAG-MI08	Suportar mais de um dispositivo de entrada			BEL-D31	✓	Sim
GAG-MI09	Manter estáticos os elementos interativos que exigem precisão (ex: opções de menu controladas por cursor/toque)				✓	Sim
GAG-MI10	Garantir que ações simultâneas múltiplas (ex: clicar/arrastar ou deslizar) não sejam obrigatórias, apenas suplementares/alternativas			BEL-D32	✓	Parcial

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	<i>Flip n' Flop</i>	
					Aplicável	Atendido
GAG-MI11	Garantir que todas as ações-chave possam ser realizadas por controles digitais (botões/teclas/toques), sem exigir entrada mais complexa (ex: analógica, fala, gesto), que deve ser apenas suplementar/alternativa		GAG-VA26		✓	Sim
GAG-MI12	Evitar entradas repetidas (<i>mashing</i> de botão / <i>quick time events</i>)				✓	Sim
GAG-MI13	Se o jogo for para PC, oferecer suporte a modo janela para compatibilidade com teclados virtuais sobrepostos				✓	Não
GAG-MI14	Evitar/oferecer alternativas à exigência de segurar botões pressionados				✓	Parcial
GAG-MI15	Permitir reorganizar as interfaces					
GAG-MI16	Permitir redimensionar as interfaces		GAG-VI20		✓	Não
GAG-MI17	Oferecer um sistema de macros					
GAG-MI18	Não depender de rastreamento de movimento de tipos específicos de corpo					
Avançado						
GAG-MA19	Permitir jogar tanto em modo paisagem quanto retrato					
GAG-MA20	Não tornar o <i>timing</i> preciso essencial à jogabilidade — oferecer alternativas, ações realizáveis pausado, ou um mecanismo de pular			BEL-M11		
GAG-MA21	Incluir um período de espera (0,5 segundo) entre entradas				✓	Não
GAG-MA22	Oferecer esquemas de controle muito simples, compatíveis com tecnologia assistiva como <i>switch</i> ou <i>eye tracking</i>				✓	Não

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
Cognitivo						
Básico						
GAG-CB01	Permitir iniciar o jogo sem precisar navegar por múltiplos níveis de menu				✓	Sim
GAG-CB02	Usar um tamanho de fonte padrão facilmente legível		GAG-VB04		✓	Sim
GAG-CB03	Usar linguagem simples e clara			BEL-A85 BEL-A103	✓	Sim
GAG-CB04	Usar formatação de texto simples e clara		GAG-VB05	BEL-A84	✓	Sim
GAG-CB05	Incluir tutoriais interativos			BEL-D16 BEL-D34	✓	Não
GAG-CB06	Permitir que os jogadores avancem pelos textos no próprio ritmo			BEL-A101	✓	Parcial
GAG-CB07	Evitar imagens piscantes e padrões repetitivos			BEL-A91	✓	Parcial
Intermediário						
GAG-CI08	Incluir ajuda/orientação/dicas contextuais dentro do jogo			BEL-D13 BEL-D14 BEL-D15	✓	Sim
GAG-CI09	Indicar/permitir lembrete dos objetivos atuais durante a jogabilidade			BEL-M31	✓	Não
GAG-CI10	Indicar/permitir lembrete dos controles durante a jogabilidade				✓	Parcial
GAG-CI11	Incluir uma forma de praticar sem falhar, como uma fase de prática ou modo <i>sandbox</i>				✓	Não
GAG-CI12	Empregar uma estrutura narrativa simples e clara				✓	Não

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
GAG-CI13	Se usar uma narrativa longa e abrangente, fornecer resumos de progresso					
GAG-CI14	Garantir que nenhuma informação essencial (especialmente instruções) seja transmitida apenas por texto — reforçar com visuais e/ou fala				✓	Não
GAG-CI15	Dar uma indicação clara de que elementos interativos são interativos		GAG-VI16	BEL-A41 BEL-A56		
GAG-CI16	Oferecer opção de desligar/esconder movimento de fundo		GAG-VI11			
GAG-CI17	Suportar <i>chat</i> de voz além de texto em jogos <i>multiplayer</i>					
GAG-CI18	Fornecer miniaturas de jogo nos <i>saves</i>					
GAG-CI19	Oferecer controles de volume separados (ou mudo) para efeitos, fala e música de fundo		GAG-VI18 GAG-AB02	BEL-A34	✓	Sim
GAG-CI20	Garantir que as escolhas de som/música de cada objeto/evento-chave sejam distintas entre si		GAG-VI14	BEL-A33	✓	Não
GAG-CI21	Incluir opção para ajustar a velocidade do jogo		GAG-MB06		✓	Não
GAG-CI22	Oferecer escolha de cor do texto, com opção de baixo/alto contraste no mínimo			BEL-A22 BEL-A82	✓	Parcial
GAG-CI23	Destacar palavras importantes				✓	Não
GAG-CI24	Incluir controle (<i>toggle/slider</i>) para qualquer háptica		GAG-MB07	BEL-A55		
Avançado						
GAG-CA25	Oferecer opção de desativar sangue e violência gráfica					
GAG-CA26	Fornecer dublagem pré-gravada para todo texto, incluindo menus e instaladores		GAG-VA23		✓	Não

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	<i>Flip n' Flop</i>	
					Aplicável	Atendido
GAG-CA27	Evitar qualquer movimento ou evento súbito e inesperado			BEL-A91	✓	Parcial
GAG-CA28	Permitir que toda a narrativa e instruções sejam reproduzidas novamente			BEL-M22	✓	Parcial
GAG-CA29	Usar <i>chat</i> baseado em símbolos (<i>emojicons</i> etc.)		GAG-AA18 GAG-FA07			
GAG-CA30	Oferecer opção de desligar/esconder todos os elementos não interativos					
Visão						
Básico						
GAG-VB01	Garantir que nenhuma informação essencial seja transmitida apenas por uma cor fixa			BEL-A104	✓	Sim
GAG-VB02	Se o jogo usa campo de visão (só em motor 3D), definir um valor padrão apropriado para o ambiente de visualização esperado					
GAG-VB03	Evitar gatilhos de enjoo de simulação em VR					
GAG-VB04	Usar um tamanho de fonte padrão facilmente legível		GAG-CB02		✓	Sim
GAG-VB05	Usar formatação de texto simples e clara		GAG-CB04	BEL-A84	✓	Sim
GAG-VB06	Fornecer alto contraste entre texto/UI e o fundo			BEL-A21	✓	Sim
GAG-VB07	Garantir que elementos interativos/controles virtuais sejam grandes e bem espaçados, especialmente em telas pequenas ou de toque		GAG-MB05	BEL-A81	✓	Sim

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
Intermediário						
GAG-VI08	Se o jogo usa campo de visão (só em motor 3D), permitir alterar o ambiente de visualização esperado					
GAG-VI09	Evitar (ou oferecer opção de desativar) qualquer diferença entre movimento do controle e movimento da câmera					
GAG-VI10	Usar som <i>surround</i>					
GAG-VI11	Oferecer opção de desligar/esconder movimento de fundo		GAG-CI16			
GAG-VI12	Garantir suporte a leitor de tela em dispositivos móveis			BEL-D41 BEL-A61		
GAG-VI13	Oferecer opção de ajustar o contraste			BEL-A21 BEL-A23	✓	Sim
GAG-VI14	Garantir que as escolhas de som/música de cada objeto/evento-chave sejam distintas entre si		GAG-CI20	BEL-A33	✓	Não
GAG-VI15	Oferecer escolha de cores/ <i>designs</i> de cursor/mira					
GAG-VI16	Dar uma indicação clara de que elementos interativos são interativos		GAG-CI15	BEL-A41 BEL-A56		
GAG-VI17	Garantir que manual/ <i>site</i> sejam fornecidos em formato compatível com leitor de tela			BEL-D41 BEL-A61	✓	Não
GAG-VI18	Oferecer controles de volume separados (ou mudo) para efeitos, fala e música de fundo		GAG-CI19 GAG-AB02	BEL-A34	✓	Sim
GAG-VI19	Evitar posicionar informação temporária essencial fora da linha de visão do jogador				✓	Sim
GAG-VI20	Permitir redimensionar as interfaces		GAG-MI16		✓	Não

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
Avançado						
GAG-VA21	Permitir que o tamanho da fonte seja ajustado			BEL-A81 BEL-A82	✓	Não
GAG-VA22	Fornecer um mapa sonoro no estilo sonar, acionável (<i>ping</i>)			BEL-A32		
GAG-VA23	Fornecer dublagem pré-gravada para todo texto, incluindo menus e instaladores		GAG-CA26		✓	Não
GAG-VA24	Fornecer um GPS falado			BEL-A32		
GAG-VA25	Permitir orientação/movimento fácil por pontos cardeais					
GAG-VA26	Garantir que todas as ações-chave possam ser realizadas por controles digitais (botões/teclas/toques), sem exigir entrada mais complexa (ex: analógica, gesto), que deve ser apenas suplementar/alternativa		GAG-MI11		✓	Sim
GAG-VA27	Garantir suporte a leitor de tela, incluindo menus e instaladores			BEL-D41 BEL-A61	✓	Não
GAG-VA28	Usar <i>design</i> sonoro/musical distinto para todos os objetos e eventos			BEL-A31	✓	Parcial
GAG-VA29	Simular gravação binaural			BEL-A32		
GAG-VA30	Fornecer uma faixa de audiodescrição				✓	Não
Audição						
Básico						
GAG-AB01	Fornecer legendas para toda fala importante			BEL-A71		
GAG-AB02	Oferecer controles de volume separados (ou mudo) para efeitos, fala e música de fundo		GAG-CI19 GAG-VI18	BEL-A34	✓	Sim

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
GAG-AB03	Garantir que nenhuma informação essencial seja transmitida apenas por sons					
GAG-AB04	Se legendas/ <i>captions</i> forem usadas, apresentá-las de forma clara e fácil de ler					
Intermediário						
GAG-AI05	Manter o ruído de fundo no mínimo durante a fala					
GAG-AI06	Fornecer legendas para fala suplementar			BEL-A71		
GAG-AI07	Garantir que legendas/ <i>captions</i> estejam (ou possam ser) ativadas antes de qualquer som tocar					
GAG-AI08	Fornecer legendas ou visuais para sons de fundo significativos					
GAG-AI09	Fornecer indicação visual de quem está falando no momento			BEL-A56		
GAG-AI10	Permitir customizar a apresentação de legendas/ <i>captions</i>					
GAG-AI11	Suportar <i>chat</i> de texto além de voz no <i>multiplayer</i>		GAG-FI03			
GAG-AI12	Fornecer meios visuais de comunicação no <i>multiplayer</i>		GAG-FI04			
GAG-AI13	Permitir definir preferência para jogar <i>online</i> só com jogadores dispostos a jogar sem <i>chat</i> de voz		GAG-FI02			
GAG-AI14	Garantir que toda informação suplementar importante (ex: direção de onde vem o tiro) transmitida por áudio seja replicada em texto/visuais			BEL-A56	✓	Não
GAG-AI15	Fornecer um alternador estéreo/mono					

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	Flip n' Flop	
					Aplicável	Atendido
Avançado						
GAG-AA16	Garantir que legendas/ <i>captions</i> sejam resumidas e apresentadas numa taxa de palavras por minuto apropriada para a faixa etária-alvo			BEL-A101		
GAG-AA17	Fornecer língua de sinais			BEL-A53	✓	Não
GAG-AA18	Usar <i>chat</i> baseado em símbolos (<i>emoticons</i> etc.)		GAG-CA29 GAG-FA07			
Fala						
Básico						
GAG-FB01	Garantir que a entrada por fala não seja obrigatória, apenas suplementar/alternativa			BEL-A63		
Intermediário						
GAG-FI02	Permitir definir preferência para jogar <i>online</i> só com jogadores dispostos a jogar sem <i>chat</i> de voz		GAG-AI13			
GAG-FI03	Suportar <i>chat</i> de texto além de voz no <i>multiplayer</i>		GAG-AI11			
GAG-FI04	Fornecer meios visuais de comunicação no <i>multiplayer</i>		GAG-AI12			
GAG-FI05	Basear o reconhecimento de fala em palavras isoladas de um vocabulário pequeno (ex: "sim", "não", "abrir"), em vez de frases longas ou palavras multissilábicas			BEL-A63		
Avançado						
GAG-FA06	Basear o reconhecimento de fala em atingir um limiar de volume (ex: 50%), em vez de palavras			BEL-A63		

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	<i>Flip n' Flop</i>	
					Aplicável	Atendido
GAG-FA07	Usar <i>chat</i> baseado em símbolos (<i>emojicons</i> etc.)		GAG-CA29 GAG-AA18			
Geral						
Básico						
GAG-GB01	Fornecer detalhes dos recursos de acessibilidade na embalagem e/ou <i>site</i>				✓	Não
GAG-GB02	Fornecer detalhes dos recursos de acessibilidade dentro do jogo				✓	Não
GAG-GB03	Oferecer ampla escolha de níveis de dificuldade			BEL-D11	✓	Não
GAG-GB04	Garantir que todas as configurações sejam salvas/lembradas				✓	Parcial
GAG-GB05	Solicitar <i>feedback</i> de acessibilidade				✓	Parcial
Intermediário						
GAG-GI06	Permitir alterar o nível de dificuldade durante a jogabilidade, seja por configurações ou dificuldade adaptativa			BEL-D12		
GAG-GI07	Incluir algumas pessoas com deficiência entre os participantes de <i>playtesting</i>				✓	Parcial
GAG-GI08	Oferecer uma forma de pular elementos de jogabilidade que não fazem parte da mecânica principal, via configurações ou opção de pular no jogo				✓	Não
GAG-GI09	Incluir modos de assistência, como mira automática e direção assistida				✓	Não
GAG-GI10	Fornecer recurso de <i>save</i> manual			BEL-M21	✓	Não

continua na próxima página

Tabela A.1 – *continuação da página anterior*

ID	Diretriz	Fonte	Repetida	Belarmino et al. (2021)	<i>Flip n' Flop</i>	
					Aplicável	Atendido
GAG-GI11	Fornecer recurso de <i>save</i> automático			BEL-M21	✓	Não
GAG-GI12	Permitir definir preferência para jogar <i>online</i> com/sem outros que usam recursos de acessibilidade que possam dar vantagem competitiva					
GAG-GI13	Permitir ajuste fino da jogabilidade, expondo o máximo possível de variáveis				✓	Parcial
Avançado						
GAG-GA14	Incluir toda categoria relevante de deficiência (motora, cognitiva etc.) entre os participantes de <i>playtesting</i> , em número representativo conforme a faixa etária/demografia do público-alvo				✓	Não
GAG-GA15	Permitir salvar configurações em perfis diferentes, em nível de jogo ou de plataforma				✓	Não
GAG-GA16	Transcrição texto ↔ fala em tempo real			BEL-A61		

B Critérios de Acessibilidade MDA

Este apêndice apresenta os critérios de acessibilidade propostos por Belarmino et al. (2021). A Tabela B.1 organiza as 54 diretrizes em três blocos, um para cada camada do framework MDA: mecânica (*mechanics*), dinâmica (*dynamics*) e estética (*aesthetics*). Dentro de cada camada, os critérios são subdivididos em grupos temáticos que reúnem critérios relacionados entre si.

Cada critério é identificado por um código BEL-Xnn, criado para fins de referência neste trabalho (não existente no artigo original): **X** indica a camada (**M** *Mechanics*, **D** *Dynamics*, **A** *Aesthetics*) e o número **nn** é formado pela concatenação do grupo temático ao qual o critério pertence dentro da camada com a posição do critério dentro do grupo. Por exemplo, BEL-A52 refere-se ao segundo critério do quinto grupo da camada *Aesthetics*.

As colunas de deficiência indicam para quais perfis de usuário cada critério se aplica, conforme definido por Belarmino et al. (2021): **V** para deficiência visual, **A** para deficiência auditiva, **I** para deficiência intelectual, **T** para Transtorno do Espectro Autista (TEA), **F** para deficiência física e **DU** para desenho universal, que abrange critérios voltados a múltiplas deficiências simultaneamente ou que também contemplam pessoas sem deficiência. Células marcadas com ✓ indicam que o critério foi apontado pela literatura como aplicável àquela categoria; células em branco indicam apenas que o critério não foi explicitamente associado a ela nos estudos analisados.

A coluna “GAG” indica, quando existente, o código da diretriz equivalente na tabela do *Game Accessibility Guidelines* (Tabela A.1), relacionando as duas fontes de diretrizes de acessibilidade utilizadas neste trabalho. Essa correspondência foi estabelecida por análise de conteúdo do autor, não sendo uma relação oficial ou unívoca, e a ausência de valor não implica inexistência de relação, apenas que não foi identificada correspondência suficientemente clara entre as duas fontes. Por fim, as colunas “Aplicável” e “Atendido” registram, para cada critério, se ele se aplica ao contexto do JED *Flip n’ Flop* e, em caso afirmativo, se o recurso correspondente já está disponível no protótipo do jogo.

Tabela B.1: Critérios MDA propostos por Belarmino et al. (2021) e sua aplicabilidade ao jogo *Flip n' Flop*.

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop		
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido	
Mecânica (<i>mechanics</i>)											
Redução de restrições											
BEL-M11	Reduzir ou retirar restrições ou aumentar o limite de tempo			✓			✓	GAG-MA20			
Simplicidade e controle sobre ações											
BEL-M21	Fornecer recursos de retomar atividades (pausar e salvar)	✓	✓	✓		✓	✓	GAG-GI10 GAG-GI11	✓	Parcial	
BEL-M22	Permitir repetição de perguntas	✓					✓	GAG-CA28			
Clareza nos objetivos											
BEL-M31	Fornecer desafios claros			✓	✓		✓	GAG-CI09	✓	Sim	
BEL-M32	Usar conhecimentos prévios nas jogadas seguintes			✓	✓		✓		✓	Sim	
Dinâmica (<i>dynamics</i>)											
Especificidades etárias, níveis de dificuldade e sistema de ajuda											
BEL-D11	Prover diferentes níveis de dificuldade	✓	✓	✓	✓		✓	GAG-GB03	✓	Não	
BEL-D12	Aumentar progressivamente o nível da dificuldade do jogo	✓	✓	✓	✓		✓	GAG-GI06	✓	Sim	
BEL-D13	Fornecer ajuda após um tempo sem interação do usuário						✓	GAG-CI08	✓	Não	
BEL-D14	Prover sistema de ajuda e permitir seu acesso a qualquer momento	✓	✓	✓	✓		✓	GAG-CI08	✓	Sim	
BEL-D15	Fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas			✓			✓	GAG-CI08	✓	Sim	

continua na próxima página

Tabela B.1 – *continuação da página anterior*

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop	
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido
BEL-D16	Oferecer tutoriais e instruções	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GAG-CB05	✓	Sim
Saída de dados										
BEL-D21	Permitir que o jogador possa verificar resultados/status a qualquer momento	✓		✓			✓			
BEL-D22	Fornecer um sistema de recompensas (com insígnias/conquistas)		✓	✓	✓	✓	✓		✓	Não
Entrada de dados										
BEL-D31	Permitir diferentes meios de entrada de dados (teclado, mouse, voz, toque, etc.)	✓	✓	✓		✓	✓	GAG-MI08	✓	Parcial
BEL-D32	Evitar movimentos do tipo <i>swipe</i> (dispositivos móveis)						✓	GAG-MI10		
BEL-D33	Ter teclado virtual braille (disp. móveis)	✓					✓			
BEL-D34	Oferecer guias e tutoriais de entrada	✓		✓			✓	GAG-CB05	✓	Sim
BEL-D35	Ter comandos simples, claros, previsíveis	✓		✓	✓		✓	GAG-MB02	✓	Sim
Configurações										
BEL-D41	Prover compatibilidade com tecnologias assistivas (leitores de telas, zoom, etc)	✓	✓	✓			✓	GAG-VI12 GAG-VI17 GAG-VA27	✓	Não
Dispositivos										
BEL-D51	Prover suporte a diferentes dispositivos (computador, disp. móveis, etc.)						✓		✓	Não

continua na próxima página

Tabela B.1 – *continuação da página anterior*

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop	
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido
Estética (<i>aesthetics</i>)										
<i>Design</i>										
BEL-A11	Utilizar imagens/figuras com maior definição e nitidez						✓		✓	Parcial
BEL-A12	Utilizar recursos multimídias (áudios, vídeos e animações)			✓	✓		✓		✓	Parcial
BEL-A13	Associar contexto do jogo com realidade do jogador			✓	✓	✓	✓			
Cores										
BEL-A21	Garantir bom contraste, inclusive para pessoas com daltonismo	✓	✓	✓	✓		✓	GAG-VB06 GAG-VI13	✓	Sim
BEL-A22	Fornecer personalização de cores	✓		✓	✓	✓	✓	GAG-CI22	✓	Sim
BEL-A23	Prover personalização de contraste (incluindo modo de alto contraste)	✓					✓	GAG-VI13	✓	Sim
BEL-A24	Não abusar da quantidade de cores			✓	✓		✓		✓	Parcial
BEL-A25	Evitar cores escuras ao fundo (preto, vermelho, etc.)			✓	✓		✓		✓	Parcial
Áudio, imersão e localização espacial por meio do som										
BEL-A31	Realizar um <i>design</i> sonoro e de múltiplos sons adequados, permitindo maior imersão	✓					✓	GAG-VA28	✓	Não
BEL-A32	Usar efeitos sonoros especiais (som binaural, sonar, GPS sonoro, etc.)	✓					✓	GAG-VA22 GAG-VA24 GAG-VA29		
BEL-A33	Diferentes timbres para indicar ações diferentes no jogo	✓					✓	GAG-CI20 GAG-VI14	✓	Não

continua na próxima página

Tabela B.1 – *continuação da página anterior*

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop	
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido
BEL-A34	Fornecer controle separado para os diferentes tipos de áudio do jogo	✓					✓	GAG-CI19 GAG-VI18 GAG-AB02	✓	Sim
Objetos interativos										
BEL-A41	Destacar objetos de interação	✓					✓	GAG-CI15 GAG-VI16		
Múltiplas formas de <i>feedback</i>										
BEL-A51	Utilizar o <i>feedback</i> como reforço positivo/negativo (instantâneo)	✓	✓	✓	✓		✓		✓	Parcial
BEL-A52	Fornecer <i>feedback</i> textual	✓	✓	✓		✓	✓		✓	Sim
BEL-A53	Fornecer suporte a linguagem de sinais (intérprete ou avatar) (contínua e animada)		✓	✓			✓	GAG-AA17	✓	Não
BEL-A54	Fornecer <i>feedback</i> auditivo (após acerto, erro, interações)	✓		✓	✓		✓		✓	Não
BEL-A55	Fornecer <i>feedback</i> tátil	✓					✓	GAG-MB07 GAG-CI24		
BEL-A56	Fornecer <i>feedback</i> visual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GAG-CI15 GAG-VI16 GAG-AI09 GAG-AI14	✓	Sim

continua na próxima página

Tabela B.1 – *continuação da página anterior*

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop	
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido
Descrição de elementos textuais e de cenários e síntese de voz										
BEL-A61	Suportar leitura dos textos do jogo por sintetizador de voz	✓		✓	✓		✓	GAG-VI12 GAG-VI17 GAG-VA27 GAG-GA16	✓	Não
BEL-A62	Oferecer opção para desligar a leitura de tela				✓		✓			
BEL-A63	Suportar reconhecimento e comandos por voz	✓				✓	✓	GAG-FB01 GAG-FI05 GAG-FA06	✓	Não
BEL-A64	Permitir ajuste de velocidade de leitura de texto por voz	✓					✓			
Legendas										
BEL-A71	Utilizar legendas		✓	✓			✓	GAG-AB01 GAG-AI06		
Adequação dos textos e botões, com relação ao tamanho, fonte e cor										
BEL-A81	Usar fontes (tamanho mínimo 18) e botões grandes	✓	✓	✓	✓		✓	GAG-MB05 GAG-VB07 GAG-VA21	✓	Sim
BEL-A82	Fornecer opção de customizar a fonte (espaçamento, tamanho, cor)	✓	✓		✓	✓	✓	GAG-CI22 GAG-VA21	✓	Não
BEL-A83	Utilizar fontes de texto sem serifa						✓		✓	Sim
BEL-A84	Garantir que os textos sejam “plain” (simples, sem formatações)	✓	✓	✓			✓	GAG-CB04 GAG-VB05	✓	Sim
BEL-A85	Evitar ambiguidade nos textos			✓	✓		✓	GAG-CB03	✓	Sim

continua na próxima página

Tabela B.1 – *continuação da página anterior*

ID	Critério	Deficiência						GAG	Flip n' Flop	
		V	A	I	T	F	DU		Aplicável	Atendido
Animações										
BEL-A91	Fornecer animações simples com relação à clareza, velocidade e quantidade de movimentos						✓	GAG-CB07 GAG-CA27	✓	Sim
Apresentação das informações										
BEL-A101	Garantir velocidade apropriada ao apresentar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GAG-CB06 GAG-AA16	✓	Sim
BEL-A102	Ter interface limpa, clara e consistente para evitar dispersar a atenção do usuário e facilitar a boa interação	✓	✓	✓	✓		✓		✓	Sim
BEL-A103	Apresentar informações cruciais numa linguagem clara e objetiva	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GAG-CB03	✓	Sim
BEL-A104	Garantir que as informações não sejam transmitidas apenas por cores	✓	✓	✓			✓	GAG-VB01	✓	Sim

C Questionário de avaliação

Este apêndice apresenta o questionário completo aplicado na avaliação empírica do *Flip n' Flop*, descrita no Capítulo 6. O instrumento é composto pelos itens originais do modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019), somados aos itens elaborados especificamente para este trabalho. No bloco de dados demográficos, três perguntas foram adicionadas: (IV) ingresso do estudante na graduação; (V) conhecimento prévio do conteúdo abordado pelo jogo; e (VII) condições que podem influenciar a experiência do estudante com jogos. As demais questões do bloco tiveram suas opções de resposta adaptadas ao contexto da avaliação, seja pela maior granularidade das faixas oferecidas, seja pela adequação ao público da amostra. Foram adicionadas, ainda, as questões 36 e 37 da dimensão de aprendizagem percebida, customizadas de acordo com os objetivos pedagógicos do *Flip n' Flop*, conforme previsto pela metodologia original do instrumento (Seção 4.3). Além disso, as sete questões (A1 a A7) da seção “Personalização e Acessibilidade” foram elaboradas a partir das funcionalidades de acessibilidade implementadas no jogo e descritas no Capítulo 5.

Avaliação do Jogo *Flip n' Flop*

Obrigado por participar! Este formulário tem como objetivo avaliar sua experiência com o jogo *Flip n' Flop*, que você acabou de jogar. Suas respostas são anônimas e serão usadas apenas de forma agregada, para fins de pesquisa e melhoria do jogo. Não há respostas certas ou erradas — queremos sua opinião sincera. O preenchimento deste formulário leva de 15 a 20 minutos.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar, de forma voluntária, da pesquisa “*Flip n' Flop*: um jogo educacional para o ensino de circuitos digitais”. O objetivo é avaliar a qualidade, a usabilidade, a acessibilidade e o potencial pedagógico do jogo digital *Flip n' Flop*,

criado para apoiar o ensino de circuitos lógicos sequenciais, em especial a construção de diagramas de tempo de *flip-flops*, em cursos de Computação e áreas afins. Se você aceitar participar, pediremos que use o jogo e, em seguida, responda a um questionário sobre sua percepção sobre ele. O questionário inclui perguntas demográficas, usadas apenas para descrever o perfil dos participantes e analisar os resultados. Essas informações não permitem identificar ninguém individualmente. A pesquisa apresenta riscos mínimos, como a possibilidade de identificação indireta. Para reduzi-los, não solicitamos nem armazenamos dados pessoais identificáveis, e todas as respostas são tratadas de forma anônima e confidencial. Eventuais fotos serão feitas apenas para fins acadêmicos, sem identificar participantes e sem divulgação pública, exceto com sua autorização expressa. A participação não tem custos nem oferece vantagem financeira. Caso você sofra algum dano decorrente da pesquisa, tem direito a buscar indenização conforme a legislação vigente. Você é livre para aceitar ou recusar o convite e para interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo acadêmico, institucional ou pessoal. A recusa ou desistência não gera penalidade alguma. Os resultados poderão ser divulgados em trabalhos acadêmicos e publicações científicas, sempre de forma agregada e anônima. Os dados ficarão sob a guarda do pesquisador responsável por 5 anos, sendo depois avaliados para destinação final, conforme a legislação vigente. Os pesquisadores comprometem-se a tratar as informações com sigilo, responsabilidade e ética, em conformidade com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, usando os dados apenas para fins acadêmicos e científicos.

☐ **Declaro que fui esclarecido sobre os objetivos e procedimentos desta pesquisa, tive oportunidade de tirar minhas dúvidas e concordo voluntariamente em participar.**

Dados Demográficos

Esta parte serve para caracterizar o grupo de participantes da pesquisa.

I. Qual sua idade?

() 17 anos ou menos

☐ Entre 18 e 20 anos

☐ Entre 21 e 23 anos

☐ Entre 24 e 26 anos

☐ Entre 27 e 29 anos

☐ Entre 30 e 39 anos

☐ 40 anos ou mais

II. Qual seu gênero?

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro: _____

III. Qual seu curso?

☐ Ciência da Computação

☐ Engenharia Computacional

☐ Engenharia Elétrica

☐ Sistemas de Informação

☐ Ciências Exatas

☐ Outro: _____

IV. Quando você ingressou no seu curso?

☐ Entre 2026 e 2024

☐ Entre 2023 e 2021

☐ Entre 2020 e 2018

☐ Em 2017 ou antes

V. Além do que foi apresentado nesta disciplina DCC122 - Circuitos Digitais sobre diagramas de tempo e flip-flops, você já possuía algum conhecimento prévio sobre estes conteúdos?

☐ Não

☐ Sim

☐ Não tenho certeza / não sei responder

VI. Com que frequência você costuma jogar jogos digitais?

☐ Nunca: nunca jogo

☐ Raramente: jogo de tempos em tempos

☐ Mensalmente: jogo pelo menos uma vez por mês

☐ Semanalmente: jogo pelo menos uma vez por semana

☐ Diariamente: jogo todos os dias

VII. Você possui alguma condição que pode influenciar sua experiência com jogos?

☐ Nenhuma

☐ Prefiro não informar

☐ Visual (ex: baixa visão, cegueira, daltonismo)

☐ Auditiva (ex: perda parcial ou total da audição)

☐ Motora (ex: dificuldade de manusear teclado, mouse ou joystick)

☐ Cognitiva (ex: dificuldade de atenção, memória ou aprendizado)

☐ Outro: _____

Usabilidade

Esta parte do questionário é sobre a facilidade de uso do jogo — visual, controles e regras.

Estética

As próximas perguntas são sobre a aparência visual do jogo.

1. **O design do jogo é atraente (tabuleiro, cartas, interfaces, gráficos, etc.)**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

2. **Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Aprendizibilidade

As próximas perguntas são sobre o quão fácil foi aprender a jogar.

3. **Eu precisei aprender poucas coisas para poder começar a jogar o jogo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

4. **Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

5. **Eu acho que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar este jogo rapidamente**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Operabilidade

As próximas perguntas são sobre a facilidade de jogar e entender as regras.

6. **Eu considero que o jogo é fácil de jogar**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

7. **As regras do jogo são claras e compreensíveis**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Acessibilidade

As próximas perguntas são sobre legibilidade e personalização visual do jogo.

8. As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

9. As cores utilizadas no jogo são compreensíveis

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

10. O jogo permite personalizar a aparência (fonte e/ou cor) conforme a minha necessidade

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Proteção contra erros do usuário

As próximas perguntas são sobre como o jogo lida com erros cometidos durante a partida.

11. O jogo me protege de cometer erros

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

12. Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Experiência do Jogador

Esta parte do questionário é sobre como foi sua experiência pessoal jogando — desafio, diversão e aprendizado.

Confiança

As próximas perguntas são sobre sua confiança em aprender com o jogo.

13. Quando olhei pela primeira vez o jogo, eu tive a impressão de que seria fácil para mim

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

14. A organização do conteúdo me ajudou a estar confiante de que eu iria aprender com este jogo

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Desafio

As próximas perguntas são sobre o nível de desafio proposto pelo jogo.

15. Este jogo é adequadamente desafiador para mim

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

16. O jogo oferece novos desafios (oferece novos obstáculos, situações ou variações) com um ritmo adequado

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

17. O jogo não se torna monótono nas suas tarefas (repetitivo ou com tarefas chatas)

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Satisfação

As próximas perguntas são sobre sua sensação de realização ao jogar.

18. Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

19. É devido ao meu esforço pessoal que eu consigo avançar no jogo

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

20. Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no jogo

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

21. Eu recomendaria este jogo para meus colegas

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Interação social

As próximas perguntas são sobre sua interação com outras pessoas durante a sessão.

22. Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

- 23. O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre os jogadores**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

- 24. Eu me senti bem interagindo com outras pessoas durante o jogo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Diversão

As próximas perguntas são sobre o quanto você se divertiu jogando.

- 25. Eu me diverti com o jogo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

- 26. Aconteceu alguma situação durante o jogo (elementos do jogo, competição, etc.) que me fez sorrir**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Atenção focada

As próximas perguntas são sobre o quanto o jogo capturou sua atenção.

- 27. Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

- 28. Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

- 29. Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Relevância

As próximas perguntas são sobre a relevância do conteúdo do jogo para você.

- 30. O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

31. **É claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

32. **O jogo é um método de ensino adequado para esta disciplina**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

33. **Eu prefiro aprender com este jogo do que de outra forma (outro método de ensino)**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

aprendizagem percebida

As próximas perguntas são sobre sua percepção de aprendizado com o jogo.

34. **O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

35. **O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

36. **O jogo contribuiu para compreender sobre o funcionamento dos flip-flops**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

37. **O jogo contribuiu para compreender sobre a construção de diagramas de tempo**

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Personalização e Acessibilidade

O jogo conta com um menu de configurações com diversas opções de personalização (cores, vídeo, áudio e controles). Se você ainda não explorou esse menu, recomendamos abri-lo agora antes de responder as próximas perguntas.

A1. A organização e a navegação pelos menus de configuração do jogo são claras e intuitivas.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A2. O menu “como jogar” foi claro e suficiente para entender a dinâmica do jogo e quais comandos estão disponíveis.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A3. A possibilidade de personalizar a cor de cada linha do diagrama individualmente atende às minhas necessidades.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A4. As paletas de cores pré-definidas (padrão, daltonismo, alto contraste) tornam as linhas do diagrama fáceis de distinguir entre si.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A5. Os controles de volume (geral, música e efeitos sonoros) permitem ajustar o áudio do jogo conforme minha necessidade.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A6. O ajuste de contraste da imagem de fundo ajuda a deixá-la menos chamativa, facilitando a visualização das linhas do diagrama.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

A7. A possibilidade de remapear as teclas/botões do teclado ou joystick atende às minhas necessidades de controle do jogo.

Discordo totalmente () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Concordo totalmente

Avaliação Complementar

Esta parte do questionário é um espaço aberto para você compartilhar sua opinião livremente sobre o jogo.

- **Liste três pontos fortes do jogo**

- **Dê três sugestões para melhorar o jogo** (pode incluir sugestões sobre opções de personalização ou acessibilidade que você gostaria de ver)

- **Algum comentário adicional?**
